



**Leandro Adélcio
Batista de Pina**

**Pegada de água associada à produção do vinho
verde branco**



**Leandro Adélcio
Batista de Pina**

**Pegada de água associada à produção do vinho
verde branco**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias, Professora Convidada do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, e co-orientação da Professora Doutora Belmira de Almeida Ferreira Neto, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

"A Bíblia nos diz que Jesus transformou água em vinho (João 2:1-11) - um milagre! Dada a quantidade de água utilizada na produção de vinho hoje, acho que o milagre não é tanto a conversão em si (sem intenção de sacrilégio), mas a eficiência com que foi realizado. Jesus não perdeu uma gota. Actualmente, melhorar a utilização da água na produção de vinho é um assunto sério".

Mike Veseth

O júri

Presidente

Doutora Maria Helena Gomes de Almeida Gonçalves Nadais

Professora Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Doutor António José Duque Pirra

Professor Auxiliar do Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural da Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro

(Arguente principal)

Professora Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias

Professora Convidada do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

(Orientadora)

Professora Doutora Belmira de Almeida Ferreira Neto

Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

(Co-orientadora)

Agradecimentos

Esta Dissertação representa o culminar de um objectivo académico a que me propus e que não seria possível sem a ajuda de um número considerável de pessoas.

Estou especialmente agradecido à professora Ana Cláudia Dias à sua vasta perspicácia, conhecimento e sugestões transmitidas durante a elaboração da dissertação.

À professora Belmira Neto, do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pelo interesse, entusiasmo, esclarecimentos, correcções e disponibilidade demonstrada na sua co-orientação desde o primeiro dia.

À extraordinária Dr.^a Sara Dias, da Aveleda, pelo acompanhamento, preocupação, interesse e disponibilidade demonstrados, permitindo assim que a passagem pela Aveleda fosse muito especial e divertida. Agradeço também as diversas sugestões e correcções que me foi dando ao longo do trabalho.

Ao Engenheiro António Azevedo Guedes, da Aveleda, o meu muito especial agradecimento por ter possibilitado a realização deste trabalho em parcerias com a Aveleda. Agradeço também a simpatia que demonstrou durante todo o período de trabalho.

Aos Engenheiros José Cardoso, Manuel Soares, André Oliveira, Orindo Costa, José Ferreira e à engenheira Maria José, da Aveleda, pelos esclarecimentos e ajuda no cálculo da pegada de água.

À Susete Ferreira e ao Luís Soares, da Aveleda, o meu muito obrigado pela paciência, acompanhamento, esclarecimentos e amizade demonstrados durante todo o período de estadia na Aveleda.

A todas as outras pessoas da Aveleda que colaboraram neste trabalho e que também contribuíram para um ambiente de grande amizade.

À minha família, pela sua tolerância, compreensão e carinho quando estava a escrever em vez de atender às suas necessidades.

Estou ainda em dívida para com muitas pessoas pela sua ajuda, apoio e paciência. E é por isso que quero dedicar esta Dissertação a todos aqueles que, sem reservas, partilharam comigo os seus conhecimentos.

Palavras-chave

Pegada de água (PA), PA azul, PA verde, PA cinzenta, vinho, Viticultura, Produção de vinho, Aveleda

Resumo

A pegada da água (PA) de um produto é a soma de toda a água consumida ao longo do ciclo de vida do produto. O cálculo da PA de produtos agro-industriais é importante porque eles são amplamente conhecidos como tendo uma pegada significativa sobre os recursos hídricos. A PA é dividida em três componentes: verde, azul e cinzenta. A PA verde refere-se ao consumo dos recursos de água verde (água da chuva armazenada no solo como humidade do solo). A PA azul refere-se ao consumo dos recursos de água azul (água superficial e subterrânea) ao longo da cadeia de abastecimento do produto. O 'consumo' refere-se à perda de água do corpo de água subterrânea/superficial disponível numa área hidrográfica, que acontece quando a água evapora, regressa a outra bacia hidrográfica ou ao mar, ou é incorporada no produto. A PA cinzenta refere-se à poluição e é definida como o volume de água doce necessário para diluir a carga poluente com base nos padrões de qualidade de água existentes.

O objectivo deste estudo foi calcular a PA do vinho verde branco e identificar as principais fontes de consumo de água.

A PA é calculada para as actividades realizadas durante o processo de viticultura e de produção de vinho. Os dados referentes ao ano 2009, foram fornecidos pela Aveleda, empresa responsável por 16% da produção nacional de vinho verde.

A PA encontrada foi de 438 litros de água por 0,75 litros de vinho. A PA verde e cinzenta representaram, respectivamente, 88% e 12% da PA total. A PA verde é exclusivamente associada à viticultura e a PA cinzenta está associada principalmente ao processo de produção de vinho. A PA azul é insignificante para o sistema analisado, porque actualmente a viticultura não é irrigada.

A viticultura é responsável por cerca de 90% da PA, devido principalmente ao consumo de água verde. Portanto, a PA do vinho verde branco depende principalmente das condições climáticas e das propriedades do solo e da cultura. Estas não são controladas pela empresa vinícola.

Deste modo, conclui-se que a redução da PA pode ser conseguida através da redução da carga poluente nas águas residuais geradas durante a fase de produção do vinho. Finalmente, uma análise de sensibilidade é realizada para avaliar os efeitos sobre a PA de variações em determinados dados considerados incertos e significativos.

Keywords

Water footprint (WF), blue WF, green WF, grey WF, wine, Viticulture, wine production, Aveleda

Abstract

The water footprint (WF) of a product is the sum of all water consumed along the product life cycle. The calculation of the WF of agro-industrial products is important as they are widely known as having a significant footprint on water resources. The WF is disaggregated into three components: green, blue and grey. The green WF refers to consumption of green water resources (rainwater stored in the soil as soil moisture). The blue WF refers to consumption of blue water resources (surface and ground water) along the supply chain of a product. Consumption refers to loss of water from the available ground-surface water body in a catchment area, which happens when water evaporates, returns to another catchment area or the sea or is incorporated into a product. The grey WF refers to pollution and is defined as the volume of freshwater that is required to assimilate the load of pollutants based on existing water quality standards.

The objective of this study was to calculate the WF of a white *vinho verde* and to identify the main sources of water consumption.

The WF is calculated for the activities taking place during the viticulture and the wine production process. The data, from 2009, were provided by Aveleda, company responsible for 16% of the annual *vinho verde* production in Portugal.

The WF is calculated to be 438 liters of water per 0.75 liters of wine. The green and grey water accounted for the WF with, respectively, 88% and 12%. The green water is exclusively associated with the viticulture and the grey WF is mainly caused during the wine production process. The blue water is negligible, for the system analyzed, because currently viticulture is not irrigated.

The viticulture is responsible for about 90% of the WF due mainly to the green water consumption. Therefore the WF of white *vinho verde* depends mainly on the climate and soil conditions and crop properties. These are not controlled by the wine producing company.

Thus, we conclude that a reduction of the WF may be achieved throughout the reduction of the pollutant load in the wastewater caused during the wine production phase. Finally, a sensitivity analysis is performed to evaluate the effects on the WF of the changes in uncertain and significant data.

Índice

Índice.....	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas.....	v
Lista de abreviaturas	vii
Nomenclatura	ix
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e actualidade do tema	1
1.2 Objectivos da dissertação.....	3
1.3 Estrutura da dissertação	3
2 Metodologias de quantificação do consumo de água	5
2.1 A Pegada de água.....	5
2.1.1 O conceito da pegada de água	5
2.1.2 Fases da avaliação da pegada de água.....	7
2.1.3 Teor de água virtual e comércio de produtos – relação com a pegada de água.....	10
2.1.3.1 Teor de água virtual	10
2.1.3.2 Comércio de produtos.....	10
2.1.4 Comparação com a avaliação de ciclo de vida e pegada ecológica.....	11
2.2 Outras metodologias de quantificação do consumo de água	12
3 O sector do vinho.....	15
3.1 O sector do vinho em Portugal	15
3.2 A produção de vinho verde branco na Aveleda	21
3.2.1 Viticultura.....	23
3.2.2 Produção de vinho	26
3.2.2.1 Vinificação.....	26
3.2.2.2 Conservação/Elaboração de lotes	29
3.2.2.3 Engarrafamento/Armazenamento	31
4 Avaliação da pegada de água associada ao vinho verde branco.....	35
4.1 Definição dos objectivos.....	35
4.2 Definição do âmbito.....	35
4.3 Quantificação da pegada de água.....	38
4.3.1 Pegada de água de um processo	38
4.3.1.1 Pegada de água azul.....	38
4.3.1.2 Pegada de água verde.....	39

4.3.1.3	Pegada de água cinzenta	39
4.3.2	Pegada de água associada ao processo de viticultura	40
4.3.3	Pegada de água associada ao processo de produção de vinho	44
4.3.4	Pegada de água total associada ao vinho verde branco	47
5	Resultados e Discussão.....	49
5.1	Análise dos resultados da pegada de água	49
5.2	Análise de sensibilidade.....	57
6	Conclusões.....	59
7	Perspectivas futuras	61
	Referências Bibliográficas	63
	Anexos.....	67
	Anexo A. Dados climáticos e de precipitação simulado pelo modelo New_LocClim e usado como entrada no modelo CROPWAT 8.0.....	67
	Anexo B. Resultado da simulação do Uso de água verde (UAV_{verde}) através do modelo CROPWAT 8.0.	68

Índice de Figuras

Figura 1 – Representação esquemática das componentes da pegada de água (adaptado de HOEKSTRA <i>et al.</i> , 2009).....	6
Figura 2 - Evolução da produção de vinho em Portugal (adaptado de IVV, 2009a).....	16
Figura 3 – Regiões vitivinícolas de Portugal (INFOVINI, 2009)	17
Figura 4 - Produção nacional de vinho por regiões, referente à média das campanhas 2006/07 a 2008/09 (adaptado de IVV, 2009a)	17
Figura 5 – Produção de vinho na região do Minho (IVV, 2009b)	19
Figura 6 – Evolução da produção de vinho verde branco, tinto e rosado (adaptado de CVRVV, 2010)	20
Figura 7 – Evolução da exportação de vinho verde (adaptado de CVRVV, 2010).....	20
Figura 8 – Evolução do ganho, em euros, a partir do volume de vinho verde exportado (adaptado de CVRVV, 2010)	20
Figura 9 - Localização da Quinta da Aveleda	21
Figura 10 – Principais processos de produção do vinho verde da Aveleda	23
Figura 11 – Principais etapas da viticultura	24
Figura 12 - Principais etapas da vinificação.....	27
Figura 13 – Principais etapas da conservação/elaboração de lotes	30
Figura 14 – Principais etapas do engarrafamento/armazenamento	32
Figura 15 – Diagrama de obtenção do vinho verde branco, geração de efluentes e evaporação de água.	36
Figura 16 - – Contribuição da PA verde, azul e cinzenta nos processos de viticultura e de produção de vinho e na actividade global de produção de vinho.....	53
Figura 17 – Contribuição dos processos de viticultura e de produção de vinho para as diferentes componentes da PA.....	53
Figura 18 – Dados climáticos simulado pelo modelo New_LocClim e usado como entrada no modelo CROPWAT 8.0	67
Figura 19 – Dados de precipitação simulado pelo modelo New_LocClim e usado como entrada no modelo CROPWAT 8.0	67
Figura 20 – Resultado da simulação do Uso de água verde (UAV _{verde}) através do modelo CROPWAT 8.0	68

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Relação entre os diferentes tipos de pegada de água.....	7
Tabela 2 – Questões críticas que devem ser postas, aquando da avaliação da sustentabilidade da pegada de água (adaptado de HOEKSTRA <i>et al.</i> , 2009)	9
Tabela 3 – Concelhos pertencentes a cada sub-região da RDVV	18
Tabela 4 - Uvas, mosto e vinho usados na produção de Vinho Verde branco na Aveleda na campanha de 2008.....	37
Tabela 5 – Dados do solo utilizados como entrada no modelo CROPWAT 8.0.....	41
Tabela 6 - Dados da videira utilizados como entrada no modelo CROPWAT 8.0 para os vários estágios de crescimento.....	43
Tabela 7 – Estimativa de água evaporada nas etapas de dessulfitação e esterilização integradas no processo de produção de vinho (Fonte: Aveleda)	45
Tabela 8 – Consumos de água por zona de actividade e captação total de água para o ano 2009 ...	46
Tabela 9 – PA associada ao processo de viticultura (m ³ /ton uvas)	49
Tabela 10 - PA associada ao processo de viticultura por local de produção das uvas (1000 m ³ /ano)	51
Tabela 11 – PA associada ao processo de produção de vinho (m ³ /ano).....	51
Tabela 12 – PA total (verde, azul e cinzenta) associada ao vinho verde branco (L/0,75 L vinho)..	52
Tabela 13 – Gama de variação dos parâmetros considerados na análise de sensibilidade e respectivos resultados da PA.....	57

Lista de abreviaturas

- ACV – Avaliação de Ciclo de Vida
- CQO – Carência Química de Oxigénio
- CVRVV – Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes
- DQA – Directiva Quadro da Água
- FAO - Food and Agriculture Organization
- INAG – Instituto da Água
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change
- ISO – International Organization for Standardization
- IVV – Instituto do Vinho e da Vinha
- OCM – Organização Comum do Mercado
- OECD - Organization for Economic Co-operation and Development
- OIV – Organisation Internationale de la Vigne et du Vin
- PA – Pegada de Água
- PE – Pegada Ecológica
- RDVV – Região Demarcada dos Vinhos Verdes
- UE – União Europeia
- UF – Unidade Funcional
- WBCSD - World Business Council for Sustainable Development

Nomenclatura

α	-	fracção de lixiviação
$\eta_{remoção}$	-	eficiência de remoção do poluente na ETAR (fracção)
AR	kg/ha	taxa de aplicação de fertilizantes ou pesticidas
C_{efl}	mg/L	concentração do poluente no efluente
$C_{efl,bruto}$	g/L	concentração do poluente no efluente bruto
C_{max}	g/L	concentração máxima admissível do poluente no corpo de água
C_{nat}	g/L	concentração natural do poluente no corpo de água receptor
Cap_{tot}	m ³ /ano	captação total de água
$Cons_{queijaria}$	m ³ /ano	consumo de água na zona de queijaria
$Cons_{uvas}$	ton/0,75 L vinho	consumo de uvas
$Cons_{vacaria}$	m ³ /ano	consumo de água na zona de vacaria
dpc	dias	duração do período de crescimento em dias
Efl	m ³ /ano	caudal do efluente
ET_a	mm/dia	evapotranspiração de cultura ajustada (sob condições actuais)
ET_c	mm/dia	evapotranspiração de cultura (sob condições óptimas)
ET_{verde}	mm/dia	evapotranspiração de água verde
ET_0	mm/dia	evapotranspiração de referência
$Evap_{vinho}$	m ³ /ano	evaporação de água na zona de produção de vinho
K_c	-	coeficiente de cultura
$K_{c,inic}$	-	coeficiente de cultura na fase inicial
K_s	-	coeficiente de stress hídrico
L	g/ano	carga de poluente
$PA_{proc,azul}$	m ³ /ton ou	pegada de água azul do processo
$PA_{proc,cinzernta}$	m ³ /ton ou	pegada de água cinzenta do processo
$PA_{proc,verde}$	m ³ /ton ou m ³ /ano	pegada de água verde do processo
$PA_{proc,videira}$	m ³ /ton	pegada de água associada ao processo de crescimento da videira
$PA_{proc,vinho}$	m ³ /ano	pegada associada ao processo de produção de vinho
$PA_{vinho\ verde}$	m ³ /0,75 L vinho	pegada de água associada ao vinho verde branco
UAV_{verde}	m ³ /ha	uso de água verde pela videira
Y	ton/ha	produção de uvas

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E ACTUALIDADE DO TEMA

A água, um bem até agora de fácil acesso (à distância de uma torneira) poderá vir a tornar-se um recurso de “luxo” como consequência das alterações climáticas e de outros fenómenos. As mais recentes previsões sobre os impactes associados às alterações climáticas nos países do Mediterrâneo alertam para a eventualidade do aumento de secas e de uma diminuição das disponibilidades hídricas (IPCC, 2007). No médio prazo, a questão da falta de água assumirá um carácter de urgência. Em Portugal, resultados do relatório de seca de 2005, revelaram situações de alguma preocupação, onde alguns aquíferos (nomeadamente aquíferos do Cretácico de Aveiro e o de Querença-Silves) atingiram os seus níveis hídricos mais baixos (INAG, 2005). Além disso, uma grande parte das regiões interiores tiveram problemas graves de fornecimento de água, tendo havido a necessidade de se recorrer a meios alternativos para garantir o abastecimento das populações. Este conjunto de evidências é, sem dúvida, um sinal de que os países do Sul da Europa, onde se inclui Portugal, deverão estudar novas medidas direccionadas para uma gestão mais eficiente da água.

Neste contexto, é necessário considerar os efeitos das alterações climáticas no planeamento estratégico dos recursos hidrológicos e avaliar os seus impactes directos nos consumos, na manutenção dos recursos e no estado ecológico dos ecossistemas aquáticos. Este objectivo enquadra-se na implementação da Directiva Quadro da Água (DQA, 2000/60/EC) que prevê a definição de medidas para a prevenção e minimização das consequências da seca e da falta de água.

A escassez de água tem um impacte negativo na qualidade de vida das populações, nomeadamente, no que respeita às potenciais afectações na disponibilidade de água para consumo, na economia e nas actividades empresariais ou produtivas não empresariais. Outros usos de água terão que ser repensados, como seja, a utilização de água para a rega agrícola ou para a rega de jardins e espaços verdes. Para além do problema da escassez, permanecem ainda outros aspectos como a contaminação das fontes de água superficiais e subterrâneas. É de salientar que os aquíferos constituem ainda reservas estratégicas de água para consumo embora se encontrem vulneráveis a situações de poluição por via de usos

inadequados do solo (ocupação industrial e agrícola) ou por via da salinização. A reposição de água nos aquíferos depende, de entre outros factores, das quantidades de precipitação. Da mesma maneira, para além da diminuição dos quantitativos de entrada de água nestes grandes depósitos existe também a urgência de preservar a qualidade da água armazenada. Ao nível local, a sensibilização antecipada para estes potenciais problemas poderá ser a solução para minimizar cenários mais negativos quanto à manutenção dos usos de água actuais.

Actualmente, uma grande parte dos produtos consumidos pela sociedade inclui ingredientes provenientes da agricultura ou de florestas. Este tipo de produtos apresenta normalmente uma quantidade de água significativa associada à sua produção (HOEKSTRA *et al.*, 2009). O vinho constitui um desses produtos de base agrícola. Assim, o sector do vinho necessita de atenção e esforços com o intuito de garantir a sua sustentabilidade ambiental, minimizando desta forma os impactes ambientais como a depleção dos recursos hídricos locais. Com vista a concretizar estes esforços no sector vitivinícola, o Conselho dos Ministros da Agricultura da União Europeia (UE) criou um instrumento legislativo (Regulamento n.º 479/2008, do Conselho de 29 de Abril de 2008) denominado de Organização Comum do Mercado (OCM) Vitivinícola, que estabelece as regras a utilizar neste sector nos 27 Estados Membros. Com este Regulamento, os Estados Membros, assumiram o seu envolvimento no sentido de assegurar o respeito pelo ambiente (IVV, 2009a). Este regulamento inclui regras de execução de algumas actividades de forma a salvaguardar a qualidade das águas e restrições no que se refere à adição de água nas práticas enológicas.

De forma a cumprir os objectivos ambientais do sector vitivinícola torna-se evidente a necessidade do uso de instrumentos capazes de avaliar e solucionar os seus problemas ambientais. No caso particular da utilização dos recursos hídricos, a pegada de água (PA) é um instrumento capaz de ajudar a cumprir esses objectivos ambientais, quantificando toda a água doce usada ao longo de toda a cadeia de produção do vinho.

O conceito de PA foi introduzido por HOEKSTRA e HUNG (2002) e foi mais tarde elaborado por CHAPAGAIN e HOEKSTRA (2004) e HOEKSTRA e CHAPAGAIN (2008). Estes autores propõem uma metodologia que distingue três tipos de PA:

- a PA azul refere-se ao consumo de água superficial ou subterrânea (água azul) em resultado da actividade humana;
- a PA verde refere-se ao consumo de água da chuva armazenada no solo sob a forma de humidade (água verde) em resultado da actividade humana;
- a PA cinzenta é um indicador da água poluída (água cinzenta) em resultado da actividade humana e corresponde ao volume de água doce necessário para diluir os poluentes de forma a atingir os níveis aceitáveis de qualidade da água.

No contexto actual, existe apenas um estudo publicado sobre a PA associada à produção de vinho. HOEKSTRA e CHAPAGAIN (2008) estimaram um valor médio global para a PA do vinho igual a 120 litros de água por 125 mililitros de vinho. Os autores concluem que a produção das uvas é a principal responsável por esta pegada.

1.2 OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO

O principal objectivo deste trabalho consiste na quantificação da PA associada ao vinho verde branco produzido na Aveleda - Sociedade Agrícola e Comercial da Quinta da Aveleda, S. A. A PA é determinada para 0,75 litros de vinho verde branco.

Subjacente ao primeiro objectivo, pretendeu-se também identificar as principais fontes de consumo de água relacionadas com o produto em análise, desde a produção das uvas (viticultura) até à produção do vinho.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. Neste primeiro capítulo é efectuado o enquadramento do tema desenvolvido nesta dissertação, são definidos os seus objectivos e é apresentada a sua estrutura.

No capítulo 2 são apresentadas as metodologias usadas na quantificação do consumo de água, sendo definido mais pormenorizadamente o conceito de PA e a sua relação com outros termos e indicadores.

No capítulo 3 é feita uma caracterização do sector do vinho a nível nacional, com particular incidência sobre o vinho verde. São também descritos os processos envolvidos

na produção do vinho verde branco da Aveleda, nomeadamente a viticultura e a produção do vinho, sendo que neste último se inclui a vinificação, conservação /elaboração de lotes e engarrafamento/armazenamento.

No capítulo 4 é descrita a metodologia aplicada para avaliar a PA do caso de estudo analisado nesta dissertação. Primeiramente define-se o objectivo e o âmbito e por fim quantifica-se a PA do vinho verde branco.

No capítulo 5 são apresentados e discutidos os resultados do presente estudo, incluindo os resultados de uma análise de sensibilidade, realizada de forma a avaliar a influência de alguns parâmetros considerados significativos no valor da PA. Por fim, confrontam-se e discutem-se os resultados obtidos com o resultado estimado pela bibliografia para o objecto em estudo.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões e limitações do estudo e sugeridas as perspectivas para eventuais melhorias futuras ao nível do tema do presente trabalho.

2 METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

2.1 A PEGADA DE ÁGUA

2.1.1 O CONCEITO DA PEGADA DE ÁGUA

A pegada de água (PA) é um indicador do uso de água doce, que não olha apenas ao uso directo de água de um produtor ou consumidor, mas também ao seu uso indirecto. Segundo HOEKSTRA *et al.* (2009), a PA constitui assim um indicador abrangente de apropriação dos recursos de água doce. A PA de um produto é o volume de água doce usado para produzir o produto, ao longo de toda a cadeia de produção. É um indicador multifuncional que mostra os volumes de consumo de água doce por fonte e os volumes poluídos por tipo de poluição, em que todos os componentes da PA total são espacialmente e temporalmente especificados. A PA azul refere-se ao consumo de recursos de água azul (água subterrânea e superficial) ao longo da cadeia de abastecimento do produto. O ‘consumo’, neste contexto, refere-se à perda de água do corpo de água subterrânea/superficial disponível numa área hidrográfica, que acontece quando a água evapora, regressa a outra bacia hidrográfica ou ao mar, ou é incorporada no produto. A PA verde refere-se ao consumo dos recursos de água verde (água da chuva armazenada no solo como humidade do solo). A PA cinzenta refere-se à poluição e é definida como o volume de água doce que é necessário para assimilar a carga de poluentes, com base nos padrões de qualidade de água existentes (HOEKSTRA *et al.*, 2009).

A PA, como indicador de consumo de água, difere do conceito clássico de ‘retirada de água’ em três aspectos: não se limita ao consumo de água azul (inclui também a água verde e cinzenta), não se limita ao consumo directo de água (inclui também o consumo indirecto ao longo da cadeia de valor) e não considera o consumo de água azul se esta água for restituída ao meio de onde foi retirada (Figura 1) (HOEKSTRA *et al.*, 2009).

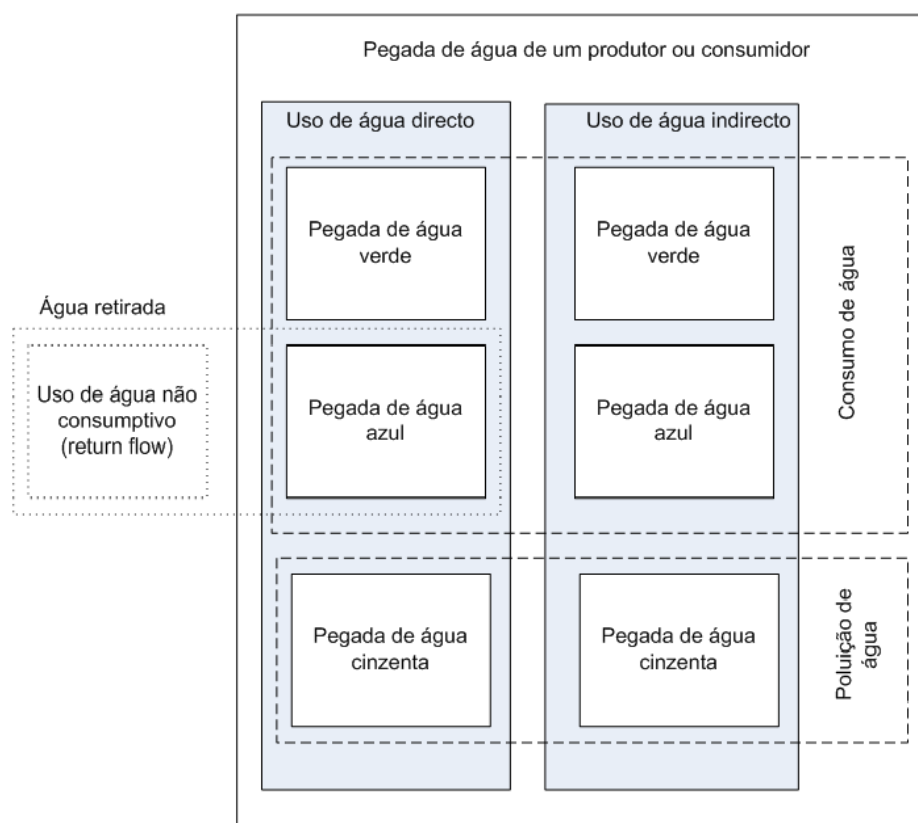


Figura 1 – Representação esquemática das componentes da pegada de água (adaptado de HOEKSTRA *et al.*, 2009).

A PA pode ser determinada para produtos, consumidores, companhias, comunidade, países ou outras áreas geográficas. A relação entre as diversas pegadas de água pode ser vista na Tabela 1.

Nos últimos anos têm sido realizados vários estudos para estimar a PA associada a produtos. A ‘Water Footprint Network’ (<http://www.waterfootprint.org>) disponibiliza os resultados obtidos em alguns estudos. Neste sítio pode-se ver, por exemplo, que uma maçã tem uma PA, em média, de 70 litros de água e que, associada à produção de 1kg de bife está uma PA de cerca de 15500 litros de água. No que se refere a estudos realizados na óptica do consumidor, existem já publicados estudos onde é calculada, por exemplo, a PA do consumo de algodão (CHAPAGAIN *et al.*, 2006) e a PA do consumo de café e chá na Holanda (CHAPAGAIN e HOEKSTRA, 2007). Outros estudos já publicados quantificam a PA de países como Marrocos e Holanda (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2007).

No livro ‘Globalization of water: sharing the planet’s freshwater resources’ (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008) pode-se consultar outros exemplos para a PA associada a uma nação,

produto ou consumidor. Por exemplo, para Portugal a PA é estimada em 2264 metros cúbicos/habitante/ano.

Tabela 1 – Relação entre os diferentes tipos de pegada de água

- Pegada de água de um produto = somatório das pegadas de água de processos ligados à produção do produto (incluindo toda a produção e cadeias de fornecimento).
- Pegada de água de um consumidor = somatório das pegadas de água de todos os produtos consumidos pelo consumidor.
- Pegada de água de uma comunidade = somatório das pegadas de água dos membros da comunidade.
- Pegada de água do consumo nacional = somatório das pegadas de água dos habitantes do país.
- Pegada de água de uma companhia = somatório das pegadas de água dos produtos finais que a companhia produz.
- Pegada de água dentro de uma área geograficamente delimitada (ex: município, estado, nação, bacia hidrográfica, etc.) = somatório das pegadas de água de todos os processos que ocorrem dentro da área.

2.1.2 FASES DA AVALIAÇÃO DA PEGADA DE ÁGUA

Uma avaliação completa da PA inclui quatro fases distintas (HOEKSTRA *et al.*, 2009):

- definição de objectivos e âmbito;
- quantificação da PA;
- avaliação da sustentabilidade da PA;
- formulação de resposta com base na PA

A primeira fase consiste na definição clara do objectivo e do âmbito do estudo. Quanto ao objectivo, por exemplo, uma empresa pode estar interessada em saber as suas principais fontes de consumo de água ou simplesmente conhecer a água consumida nas suas próprias operações e/ou na sua cadeia de abastecimento; um gestor de uma bacia hidrográfica pode estar interessado em saber se a PA agregada, das actividades humanas no interior da bacia viola os requisitos ambientais ou os padrões de qualidade da água. A definição do âmbito

dependerá do objectivo definido. É no âmbito que se define os processos, recursos, dados de entrada, tipos de água período a representar, entre outros aspectos que possam contribuir para a quantificação da PA pretendida e para uma boa compreensão do estudo. Por fim, pode-se dizer que esta primeira fase define as fases da avaliação da PA e os constituintes a serem avaliados no estudo.

A fase de quantificação da PA consiste na recolha dos dados e no desenvolvimento dos cálculos. O nível de detalhe dos cálculos dependerá dos aspectos definidos na primeira fase. Pode-se dizer que é uma das fases mais importantes desta metodologia, uma vez que é daqui que resultam algumas das principais características da PA (tamanho e cor).

A fase de avaliação da sustentabilidade da PA é a fase em que a PA pode ser avaliada numa perspectiva ambiental, económica ou social. Além disso, a sustentabilidade pode ser considerada a diferentes escalas, nomeadamente ao nível local, ao nível da bacia hidrográfica ou a um nível mais global. Em cada uma das escalas poder-se-ão colocar-se algumas questões críticas (Tabela 2). A sustentabilidade da PA depende de vários factores, entre os quais estão incluídas as características da PA calculada na fase anterior (tamanho, cor, etc.) e as condições do local, bem como do contexto mais amplo onde ocorre o consumo de água (HOEKSTRA *et al.*, 2009).

A última fase consiste na formulação de estratégias ou políticas com base nos resultados obtidos para a PA. Nesta fase, os produtores, consumidores, gestores ou políticos traçarão estratégias ou políticas de forma a reduzir as suas pegadas de água e assegurar que são sustentáveis.

Uma avaliação completa da PA é facultativa, isto é, não é necessário incluir todas as fases num só estudo (HOEKSTRA *et al.*, 2009). Pode-se decidir logo na primeira fase focar apenas a quantificação da PA, ou parar na fase de avaliação da sustentabilidade, deixando a discussão sobre as respostas para mais tarde. Além disso, na prática, o modelo das 4 fases subsequentes é mais uma linha de orientação ideal do que uma directiva estrita. Por exemplo, uma empresa pode estar interessada apenas na identificação das principais fontes de consumo de água deixando para mais tarde a avaliação da sustentabilidade da PA.

Tabela 2 – Questões críticas que devem ser postas, aquando da avaliação da sustentabilidade da pegada de água (adaptado de HOEKSTRA *et al.*, 2009)

	Perspectiva Ambiental	Perspectiva Social	Perspectiva Económica
Micro-escala: local	<ul style="list-style-type: none"> • A PA verde favorece a produção ao custo da vegetação natural e da biodiversidade? • A PA azul viola os requisitos ambientais? • A PA cinzenta viola os padrões de qualidade da água local? 	<ul style="list-style-type: none"> • A PA priva outros utilizadores de água? 	<ul style="list-style-type: none"> • A produtividade de água é óptima? • A água pode ser poupada sem reduzir a produção? • O preço de água para o utilizador está abaixo do seu custo económico real, resultando no uso ineficiente?
Meso-escala: bacia hidrográfica	<ul style="list-style-type: none"> • As pegadas de água azul e verde conduzem a uma mudança nos padrões de escoamento e portanto, afecta os requisitos ambientais dos caudais a jusante? • A PA cinzenta contribui para a violação dos padrões de qualidade de água a jusante? 	<ul style="list-style-type: none"> • As pegadas de água azul, verde ou cinzenta afectam os utilizadores a jusante sem indemnização adequada ou repartição de benefícios? 	<ul style="list-style-type: none"> • A alocação de água é ideal, no tempo e no espaço, pelos diferentes utilizadores? • Existem efeitos externos que não foram compensados aos utilizadores a jusante?
Macro-escala: além da bacia hidrográfica, global	<ul style="list-style-type: none"> • Pode a PA para determinado uso ser sustentável, dado o contexto mais amplo da limitada disponibilidade de água doce no mundo? 	<ul style="list-style-type: none"> • É justo ter essa PA para esse uso, dado o contexto, mais amplo, da limitada disponibilidade de água doce no mundo? 	<ul style="list-style-type: none"> • Os padrões de produção regional e de comércio de produtos de uso intensivo de água são óptimos (eficientes), dado o contexto da limitada disponibilidade de água doce e a sua irregular distribuição em todo o mundo? • Os produtos de uso intensivo de água exportados a partir de regiões com escassez de água são de baixo custo?

2.1.3 TEOR DE ÁGUA VIRTUAL E COMÉRCIO DE PRODUTOS – RELAÇÃO COM A PEGADA DE ÁGUA

2.1.3.1 TEOR DE ÁGUA VIRTUAL

O conceito de ‘água virtual’ originou algumas discussões na comunidade científica. Este conceito foi introduzido por Tony Allan após o primeiro termo, água incorporada, ter sido pouco compreendido (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008).

Para HOEKSTRA e CHAPAGAIN (2008) o ‘teor de água virtual’ de um produto refere-se ao volume de água usado para produzir esse produto, medido no local onde, realmente, este foi produzido, enquanto a PA refere-se não apenas ao volume de água, mas também ao tipo de água que foi usada (verde, azul ou cinzenta), e onde e quando a água foi usada. Além disso, o termo PA pode ser usado num contexto onde se está a falar sobre PA do consumidor ou produtor, enquanto soaria estranho referir o teor de água virtual do consumidor ou produtor. Usa-se o termo ‘teor de água virtual’ num contexto de fluxo de água virtual internacional ou inter-regional, ou ainda, se um país importa/exporta um produto, diz-se que este país importa/exporta a água na forma virtual (HOEKSTRA *et al.*, 2009).

O adjectivo virtual refere-se ao facto da maioria da água utilizada na produção não estar contido no interior do produto. O teor de água real dos produtos é geralmente insignificante quando comparado com o teor de água virtual. Por exemplo, a média global do teor de água virtual do trigo é 1300 m³/ton, enquanto o teor de água real é inferior a 1 m³/ton (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008).

2.1.3.2 COMÉRCIO DE PRODUTOS

Embora o objectivo deste estudo seja a quantificação da PA associada a um produto, achou-se importante falar da relação que o valor da PA do produto (neste caso o teor de água virtual do produto) poderá ter com o comércio de produtos.

Como foi dito na secção anterior (secção 2.1.3.1), o termo teor de água virtual é mais adequado do que a PA, quando se fala de importação/exportação de produtos, ou simplesmente, comércio (internacional) de produtos. O comércio internacional de produtos implica normalmente um fluxo de água virtual entre países ou entre regiões associado aos

produtos importados/exportados. Actualmente, com o problema de escassez de água presente em diversos países do mundo, o comércio de produtos (principalmente os produtos de uso intensivo de água) poderá ser uma forma de poupança de água. HOEKSTRA e CHAPAGAIN (2008) estimaram que o fluxo de água virtual internacional durante o período 1997-2001 ronda, em média, 1625 biliões de m³/ano, sendo que 61% desse fluxo esteve relacionado com o comércio internacional de culturas agrícolas e produtos derivados de culturas agrícolas. Pela importação de água virtual há uma preservação dos recursos de água doméstica, mas este facto não implica que a poupança de água tenha, necessariamente, que conduzir a uma política de importação de água virtual. O comércio internacional de produtos agrícolas depende de muitos mais factores para além das diferenças de escassez de água entre os países de comercialização, entre os quais, as diferenças de disponibilidade de solo, tecnologia, capital, bem como, a existência de subsídios domésticos, subsídios de exportação ou taxas de importação. Neste contexto, é importante incluir a avaliação dos efeitos do comércio dos produtos nas políticas da água (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008).

2.1.4 COMPARAÇÃO COM A AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA E PEGADA ECOLÓGICA

A forma mais comum de avaliar os impactes ambientais de um produto é através da avaliação do ciclo de vida (ACV) e o indicador mais conhecido e usado para compreender os impactes ecológicos de um produto é a pegada ecológica (PE) (CHAPAGAIN e ORR, 2009).

A ACV estuda a (eco) eficiência dos produtos e avalia os impactes ambientais do uso dos recursos num sistema de produção com o objectivo de recomendar melhorias a esse mesmo sistema (CHAPAGAIN e ORR, 2009). Uma revisão realizada por FOSTER *et al.* (2006) a vários estudos de ACV concluiu que não existe uma abordagem normalizada para avaliar os impactes do uso de água em ACV e que esses impactes recebiam atenções limitadas nesses estudos. Do mesmo modo, existem metodologias de avaliação de impactes que não dispõem de factores de caracterização que permitam quantificar o impacto ambiental associado ao uso de água. O trabalho de SANTOS (2010) que apresenta um estudo onde é avaliado o ciclo de vida do vinho verde branco constata também este facto.

Segundo HOEKSTRA *et al.* (2009), a PA pode ser um indicador da ACV de um produto, isto é, a PA deve ser visto como complemento aos estudos de AVC. Na ACV, a agregação dos impactes é um requisito específico, enquanto esta questão é pouco relevante nas aplicações de pegadas de água (HOEKSTRA *et al.*, 2009). Deste modo, no campo da ACV os vários impactes podem, de modo subsequente, ser pesados e agregados, a fim de chegar a um índice de impacte do uso de água agregado.

O conceito de PA introduzido em 2002 é conceptualmente semelhante ao conceito de PE (HOEKSTRA, 2007). O último foi introduzido na segunda metade dos anos 90 (WACKERNAGEL e REES, 1996; WACKERNAGEL *et al.*, 1997; WACKERNAGEL e JONATHAN, 2001). A PE denota a área (hectares) bioprodutiva necessária para sustentar uma população, enquanto a PA representa o volume de água doce (m³/ano) necessário para sustentar essa mesma população (HOEKSTRA, 2007).

Numa perspectiva de água doce, os modelos actuais de PE não apreendem adequadamente o uso de água, isto é, na PE os impactes do uso de água de uma nação são calculados, igualando a energia necessária para processar a água doce para consumo humano à área de solo necessário para suportar essas indústrias de processamento de água (CHAPAGAIN e ORR, 2009). Esses cálculos são, um tanto, irrelevantes comparadas com os maiores problemas dos ecossistemas de água doce do planeta, onde os aspectos chaves são a extracção de água, poluição de água, e modificação física dos corpos de água (CHAPAGAIN e ORR, 2009). Esses mesmos autores concluem então que tanto a ACV, como a PE podem ser beneficiados com a metodologia de PA.

2.2 OUTRAS METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

Apesar de actualmente a PA ser a metodologia de quantificação do consumo de água com maior popularidade no seio da comunidade científica e empresarial, ao longo dos últimos anos foram propostas várias metodologias alternativas.

Em 2001, a OECD (Organization for Economic Co-Operation and Development) publicou um relatório sobre indicadores ambientais chave, onde se pretendia reduzir o número desses indicadores e direccionar as atenções para os aspectos ambientais de maior interesse (OECD, 2001). Um desses indicadores ambientais chave foi a água doce, que foi dividido em duas categorias: qualidade de água doce e recursos de água doce. Neste relatório foi

ainda desenvolvida uma metodologia de quantificação da água que inclui extracções totais de água e o tratamento de águas residuais. Ao contrário da metodologia de PA, este método exclui o consumo de água da chuva e a quantidade de água necessária para a diluição dos poluentes. O conceito de consumo para este método é diferente do conceito da PA (que considera o consumo como a água que evapora, não regressa à mesma bacia hidrográfica ou que é incorporada no produto).

GERBENS-LEENES *et al.* (2003) desenvolveram uma metodologia que considera três indicadores que abordam problemas ambientais à escala global: uso da água, uso do solo e uso de energia. Ao contrário do método da OECD (2001), este método pretende partilhar a responsabilidade dos impactes ambientais com a cadeia de abastecimento. Assim, no caso do uso de água, este foi dividido em duas partes: uso de água doce directo por ano pela empresa (uso de água doce operacional) e uso de água doce indirecto (uso de água doce na cadeia de abastecimento da empresa). Para o cálculo do uso de água, o método não inclui o volume de água verde, nem o volume de água poluída que é descarregada no meio receptor. Tal como o método anterior, este método considera como consumo de água, a água que é retirada de fontes subterrâneas ou superficiais.

O World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) lançou a Global Water Tool, uma ferramenta grátis e de fácil utilização para empresas e organizações que queiram mapear os seus usos de água e avaliar os riscos relativos às suas operações e cadeias de fornecimento (WBCSD, 2007). É uma ferramenta que quantifica a água retirada a partir de fontes de água doce (águas subterrâneas/superficiais e água da chuva) e salgada (m^3/ano), e a descarga de água doce e salgada para os meios receptores (m^3/ano). O método de cálculo subtrai as quantidades de água de descarga às quantidades de água consumida. Este método não se encontra em linha com os métodos da OECD (2001) e de GERBENS-LEENES *et al.* (2003), nem com o conceito de PA, uma vez que também inclui a água salgada na quantificação do consumo de água. A água salgada é excluída das restantes metodologias pelo facto de não ser considerada um recurso escasso.

3 O SECTOR DO VINHO

3.1 O SECTOR DO VINHO EM PORTUGAL

De acordo com o Regulamento n.º 479/2008 do Conselho de 29 de Abril de 2008, o vinho é o produto obtido exclusivamente por fermentação alcoólica, total ou parcial, de uvas frescas, esmagadas ou não, ou de mostos de uvas.

A produção de vinho em Portugal é uma importante componente do sector agrícola, tendo representado, em 2007, cerca de 13% do valor gerado por este sector (IVV, 2009b). Portugal ocupa a sétima posição no Mundo e o quarto lugar na UE no que respeita à área de vinha e é também o quinto maior exportador de vinho dentro da UE (OIV, 2009). Com uma superfície vitícola de 240 mil hectares repartida pelas diferentes regiões, a cultura da vinha ocupa cerca de 6,9% da superfície agrícola útil e 2,6% do território nacional (91909 km²). Na campanha 2008/2009 (início em 1 de Agosto de 2008 e fim em 31 de Julho de 2009) a cultura da vinha conduziu a uma produção declarada por 30 mil produtores (IVV, 2009b). No aspecto económico, verifica-se um crescimento do peso do sector do vinho nas últimas décadas. Assim, no período compreendido entre 1980 e 1989 este sector representava 9,1% da produção agrícola nacional, enquanto que no período compreendido entre 2000 e 2007, a representatividade deste sector foi de 15,4% da produção agrícola nacional (IVV, 2009b). No período compreendido entre as campanhas de 2000/01 e 2008/09, a produção média de vinho em Portugal foi de cerca de 7 milhões de hectolitros (Figura 2). Na campanha de 2008/2009, a produção total de vinho atingiu perto de 5,6 milhões de hectolitros, o que representa um decréscimo de 8,2 % em relação à campanha 2007/2008 (IVV, 2009b).

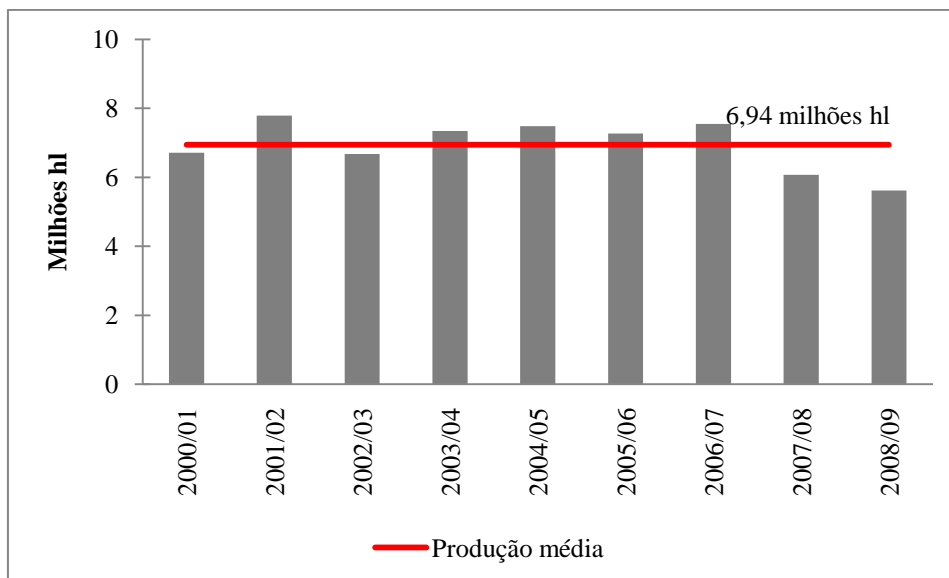


Figura 2 - Evolução da produção de vinho em Portugal (adaptado de IVV, 2009a)

A vinha portuguesa encontra-se dividida em várias regiões vitivinícolas: Minho (vinhos verdes), Trás-os-Montes, Douro, Beiras (Dão, Beira Interior, Távora-Barosa, Bairrada e Lafões), Lisboa, Ribatejo, Península de Setúbal, Alentejo, Algarve, Madeira e Açores (Figura 3). Cada uma destas regiões possui os seus encantos e as suas especialidades do cultivo da vinha, bem como excelentes vinhos (INFOVINI, 2009).

A região do Douro ocupa lugar de destaque na produção total de vinho nacional, tendo a produção média nas últimas cinco campanhas, sido superior a 1,5 milhões de hectolitros, equivalente a 25% da produção nacional de vinho (IVV, 2009b). A região do Minho, responsável por 12 % da produção nacional de vinho, ocupa o quinto lugar. A Figura 4 apresenta, em percentagem, a produção nacional de vinhos por regiões.

Regiões Vitivinícolas

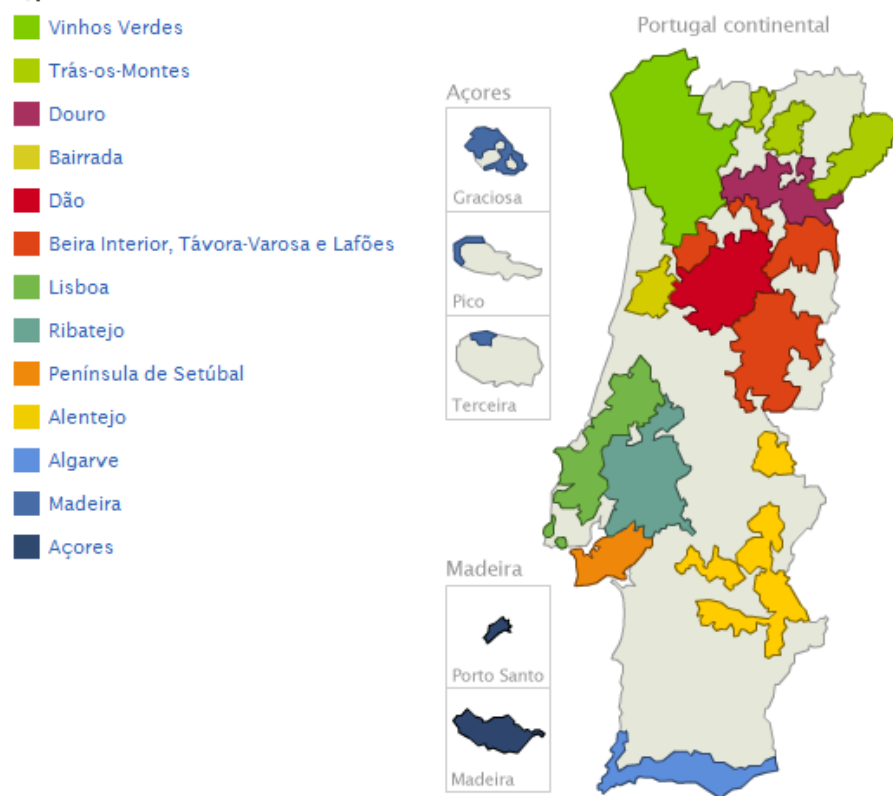


Figura 3 – Regiões vitivinícolas de Portugal (INFOVINI, 2009)

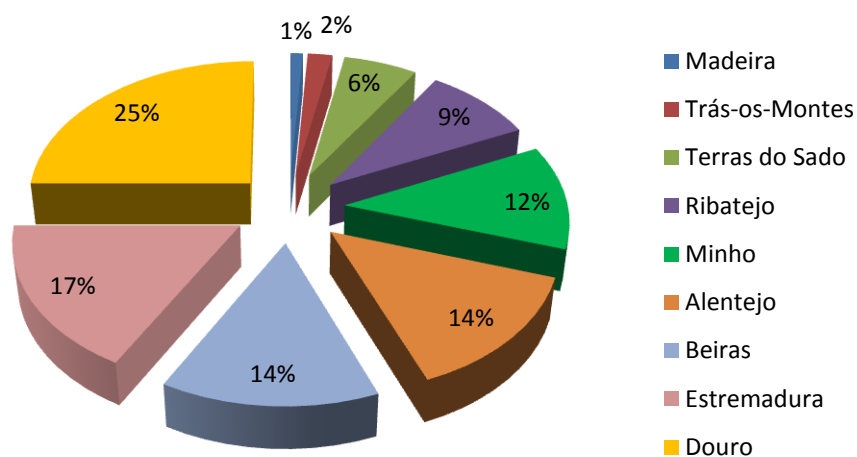


Figura 4 - Produção nacional de vinho por regiões, referente à média das campanhas 2006/07 a 2008/09 (adaptado de IVV, 2009a)

A Região Demarcada dos Vinhos Verdes (RDVV) é a maior zona vitícola portuguesa e situa-se no noroeste do país, coincidindo com a região não vitivinícola designada por Entre Douro e Minho. A região foi delimitado no início do século XX e, actualmente, a denominação de origem divide-se em nove sub-regiões: Monção, Lima, Basto, Cávado, Ave, Amarante, Baião, Sousa e Paiva (INFOVINI, 2009). A portaria nº 28/2001 de 16 de Janeiro especifica, para além das sub-regiões, os concelhos constituintes dessas sub-regiões (Tabela 3).

Tabela 3 – Concelhos pertencentes a cada sub-região da RDVV

Sub-Região	Concelhos
Amarante	Amarante e Marco de Canaveses
Ave	Vila Nova de Famalicão, Fafe, Guimarães, Santo Tirso, Trofa, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Póvoa de Varzim, Vila do Conde e o concelho de Vizela, com excepção das freguesias de Vizela (Santo Adrião) e de Barrosas (Santa Eufália)
Baião	Baião, Resende, (excepto a freguesia de Barrô) e Cinfães (excepto as freguesias de Travanca e Souselo)
Basto	Cabeceiras de Basto, Celorico de Basto, Mondim de Basto e Ribeira de Pena
Cávado	Esposende, Barcelos, Braga, Vila Verde, Amares e Terras de Bouro
Lima	Viana do Castelo, Ponte de Lima, Ponte da Barca e Arcos de Valdevez
Monção e Melgaço	Monção e Melgaço
Paiva	Castelo de Paiva, e, no concelho de Cinfães, as freguesias de Travanca e Souselo
Sousa	Paços de Ferreira, Paredes, Lousada, Felgueiras, Penafiel e no concelho de Vizela, as freguesias de Vizela (Santo Adrião) e Barrosas (Santa Eufália)

As vinhas da RDVV, que se caracterizam pela sua grande expansão vegetativa, em formas diversas de condução, ocupam uma área de 34 mil hectares e correspondem a 15% da área vitícola nacional (CVRVV, 2010). Cerca de 97% da produção de vinho na RDVV durante a campanha 2000/01 a 2008/09 é constituída por Vinhos de Qualidade Produzidos em Região Determinada (VQPRD), com origem exclusivamente nas áreas das nove sub-regiões (Figura 5). O vinho regional, que pode ter origem em todo o território da RDVV, representa entre 2 a 3% da produção, enquanto o vinho de mesa apresenta uma representatividade residual (IVV, 2009b). A produção média da região para o período entre 2000/01 e 2008/09 foi de cerca de 924 mil hectolitros.

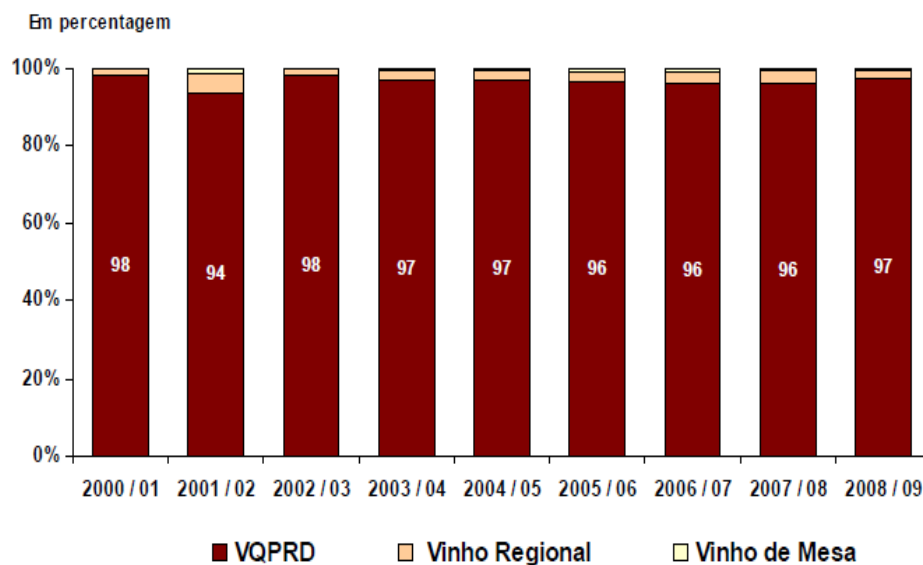


Figura 5 – Produção de vinho na região do Minho (IVV, 2009b)

No período de 1999/2000 a 2008/2010, a produção do vinho verde branco representou, em média, cerca de 67% do total de vinho verde produzido na RDVV (Figura 6).

A exportação de vinho verde apresentou uma evolução crescente desde o ano de 1995 até ao período actual, tendo sido, em 2009, exportados cerca de 13,5 milhões de litros para diferentes mercados mundiais (Figura 7). Este volume de vinho verde exportado é equivalente a um ganho de cerca de 30 milhões de euros (Figura 8). Os principais mercados de destino dos vinhos verdes são os Estados Unidos da América, Alemanha, França, Angola, Canadá e Brasil.

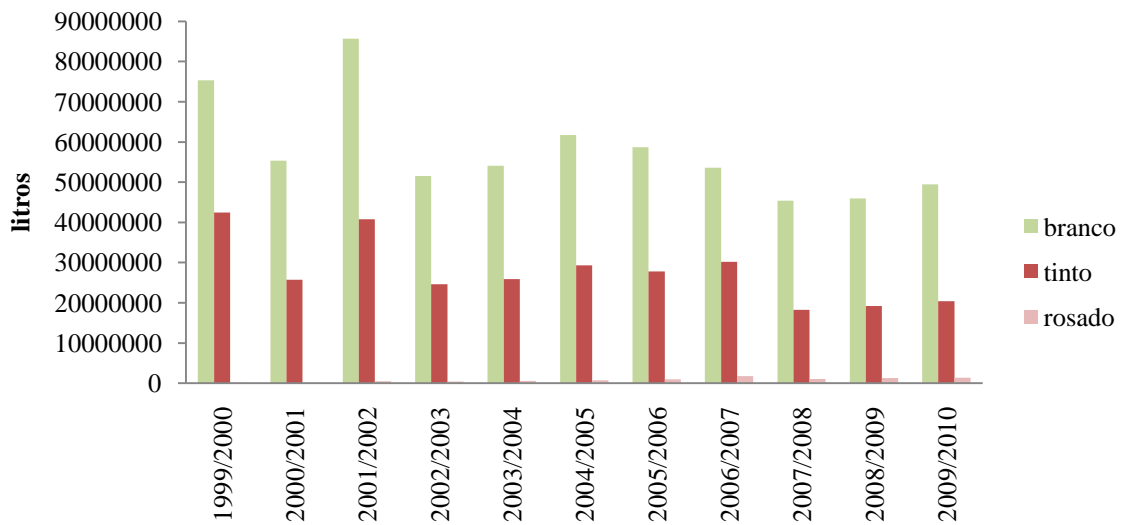


Figura 6 – Evolução da produção de vinho verde branco, tinto e rosado (adaptado de CVRVV, 2010)

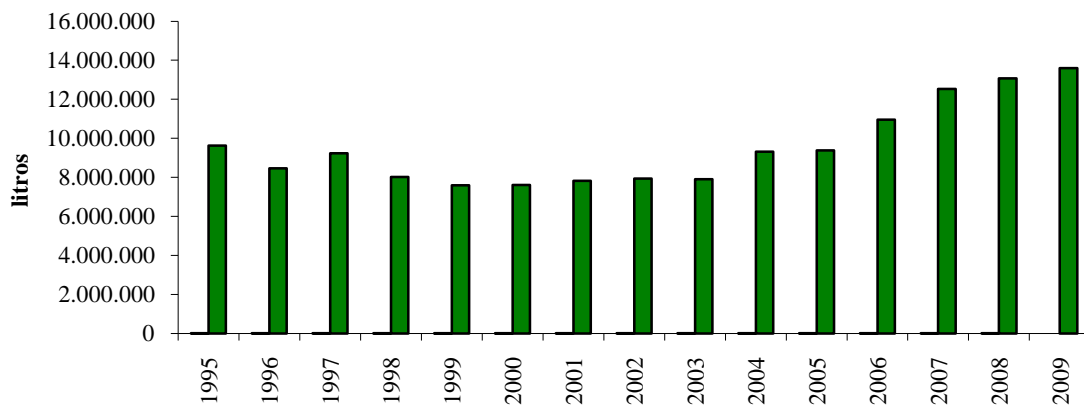


Figura 7 – Evolução da exportação de vinho verde (adaptado de CVRVV, 2010)

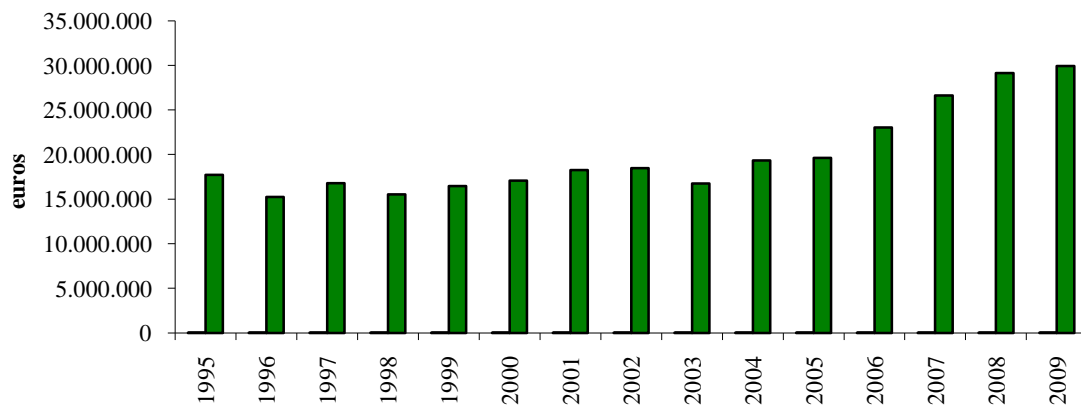


Figura 8 – Evolução do ganho, em euros, a partir do volume de vinho verde exportado (adaptado de CVRVV, 2010)

3.2 A PRODUÇÃO DE VINHO VERDE BRANCO NA AVELEDA

A Aveleda – Sociedade Agrícola e Comercial da Quinta da Aveleda, S. A. é uma empresa familiar que há mais de três séculos é dirigida e orientada por gerações da mesma família e dedica-se à produção de vinhos, aguardentes e queijos. A empresa situa-se na RDVV, na sub-região do Sousa, concelho de Penafiel, na Quinta da Aveleda (Figura 9).

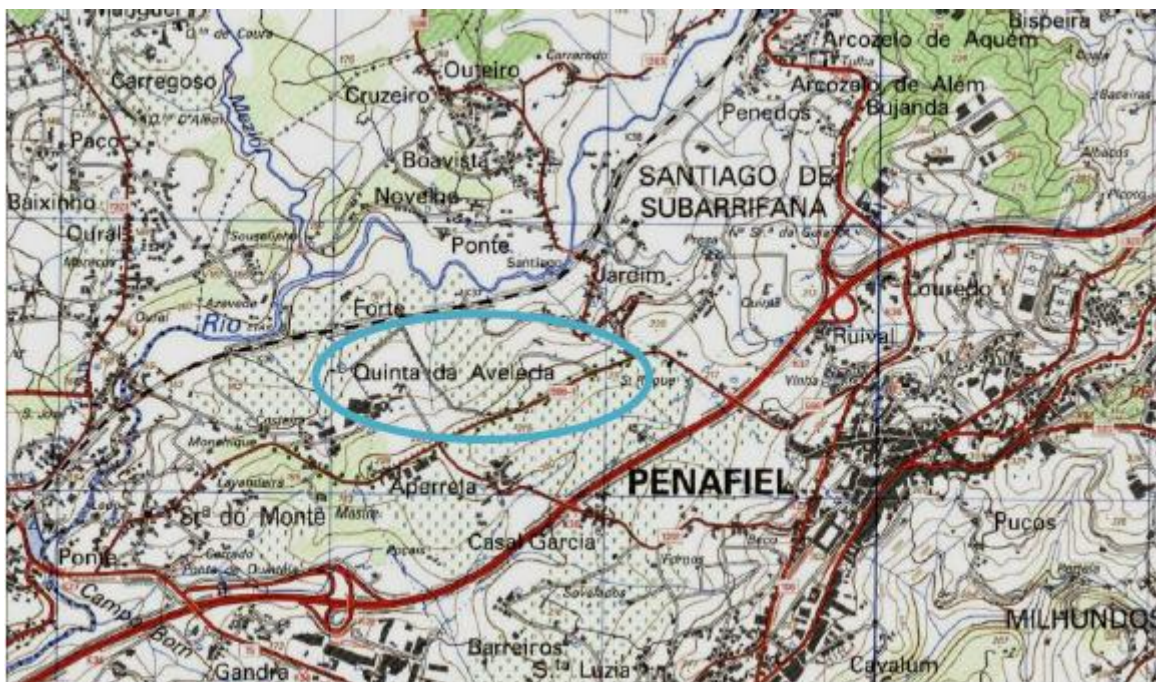


Figura 9 - Localização da Quinta da Aveleda

A empresa é líder de mercado na RDVV, tendo vindo desde muito cedo a exportar os seus diversos produtos, encontrando-se entre as empresas portuguesas que mais exportam vinhos engarrafados, com presença em mais de 90 países em todos os continentes (AVELEDA, 2010b). A marca Casal Garcia constitui o vinho verde mais exportado e ao mesmo tempo o vinho branco português mais vendido em todo o mundo. Quinta da Aveleda, Aveleda Fonte, Charamba e Follies, são outras marcas actualmente produzidas pela Aveleda. Os vinhos e aguardentes produzidos na empresa são provenientes de uvas, mostos ou vinhos da RDVV, da Região Demarcada do Douro e da Região Demarcada da Bairrada. Hoje em dia, a empresa é líder nacional no que se refere à produção de vinho verde, tendo a maior área vitícola da região. Em 2008 a área vitícola da Aveleda na RDVV era de cerca de 140 ha, distribuídos por Penafiel, Lousada e Celorico de Basto, e essencialmente ocupada por castas de uvas brancas Alvarinho, Loureiro, Trajadura, Arinto

e Fernão Pires. Na campanha de 2008/2009 a empresa produziu cerca de 10,3 milhões de litros de vinho, e cerca de metade desta produção foi exportada para os diversos mercados de destino, entre os quais, os Estados Unidos da América, Canadá, Brasil, França, Alemanha, Suécia e Dinamarca (AVELEDA, 2010b).

A Aveleda, ciente do seu talento na produção dos seus vinhos e aguardentes e da fama que desde há muito ultrapassou as fronteiras nacionais, apresenta de forma integrada um Sistema de Gestão de Qualidade, segundo a norma ISO 9001:2008 certificado desde 2001, um Sistema de Gestão Ambiental, de acordo com a norma ISO 14001:2004, certificado desde Março de 2009 e mais recentemente o Sistema de Gestão de Segurança Alimentar, segundo a norma ISO 22000:2005, certificado desde Maio de 2010.

A empresa possui ainda um conjunto de planos de melhoria de desempenho ambiental dos quais se destacam alguns já concluídos, outros ainda em curso, como a realização de auditoria energética e a avaliação de ciclo de vida do vinho verde pelo referencial ISO 14040:2006 e a implementação do projecto “Carbono Zero”. Além disso, a empresa tem desenvolvido também projectos em parceria com universidades de forma a identificar de forma mais concreta os impactes dos seus produtos e actividades no ambiente (por exemplo, a ACV do vinho verde branco, análise de sequestro de carbono numa vinha e o presente trabalho de quantificação da pegada de água associada à produção do vinho verde branco).

Na produção do vinho verde branco podem ser distinguidas duas fases: a viticultura e o processo de produção de vinho. Nesta última fase são incluídos os processos de vinificação, de conservação/elaboração de lotes e o engarrafamento/armazenamento (Figura 10).

Nas secções 3.2.1 e 3.2.2 são descritas as etapas constituintes dos dois grandes processos de produção de vinho verde branco, sendo dado maior destaque às etapas que envolvem o consumo e poluição do recurso água.



Figura 10 – Principais processos de produção do vinho verde da Aveleda

3.2.1 VITICULTURA

A viticultura é o processo ou actividade que se dedica ao estudo de todos os aspectos relacionados com a produção das uvas. O processo de viticultura é de extrema importância para a produção de vinho. Neste contexto, o controle de todas as fases de desenvolvimento das videiras e das uvas, incluindo quaisquer outros elementos que possam de alguma forma influenciar o crescimento e maturação das uvas é imprescindível. As principais etapas constituintes do processo de viticultura são a plantação, poda, tratamentos fitossanitários, intervenções em verde, manutenção do solo e vindima (Figura 11). Estas etapas estão apresentadas por ordem cronológica pois a sequência é mais ou menos definida. No entanto, algumas destas operações são realizadas repetidamente ao longo de uma campanha, dependendo muito das condições meteorológicas (SANTOS, 2010).

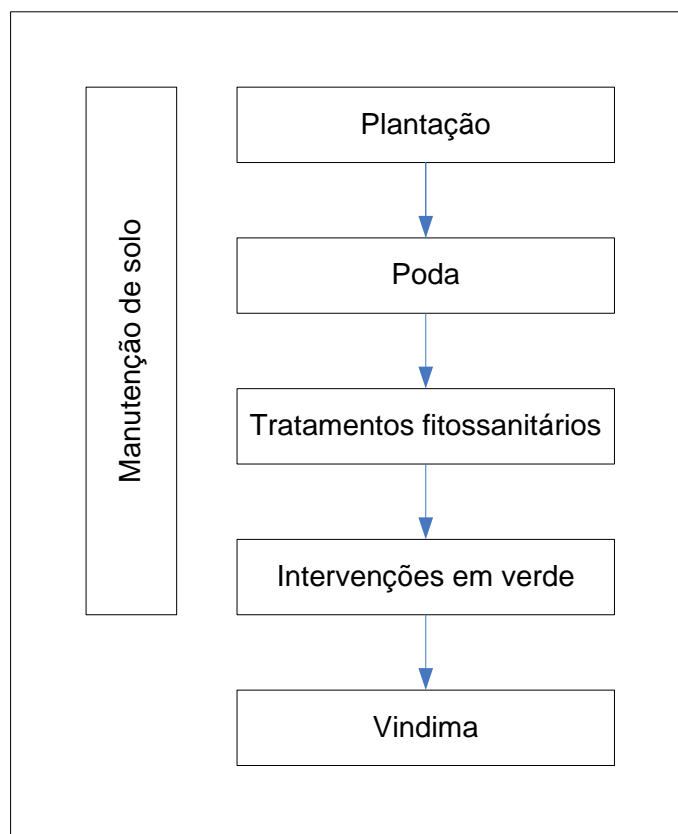


Figura 11 – Principais etapas da viticultura

A plantação baseia-se na colocação na terra de novos pés de videiras já enxertadas (enxertos prontos), para formação e desenvolvimento de novas cepas. A poda consiste no corte de uma parte dos ramos da videira e destina-se a preparar a produção do ano seguinte, através da disciplina e estimulação do crescimento dos gomos. É realizada na fase de repouso vegetativo e inclui a pré-poda, realizada mecanicamente, e a poda, realizada manualmente. Os tratamentos fitossanitários consistem na aplicação de produtos fitofarmacêuticos para o combate a doenças, pragas e infestantes da vinha. Esses produtos, constituídos por agentes químicos, são o meio de controlo de doenças e pragas mais generalizado e de efeitos mais directos (SANTOS, 2010). Podem ser, por exemplo, fungicidas, bactericidas, insecticidas e são usados em função do agente causador. Na campanha de 2008, a Aveleda realizou estes tratamentos utilizando fungicidas para o combate ao míldio (*Plasmopara vitícola*), ao oídio (*Uncinula necator*), à podridão cinzenta (*Botrytis cinerea*) e à escoriose (*Phomopsis vitícola*), utilizando um insecticida para o combate à traça da uva e um herbicida para combater as infestantes (SANTOS, 2010). Os agentes químicos constituintes dos produtos fitofarmacêuticos podem, parcialmente, entrar

nos corpos de água subterrânea e/ou superficial e contaminá-los. Além disso, esta actividade é a única em que ocorre consumo de água azul dentro do processo da viticultura. Neste contexto, os agentes químicos (pesticidas, fungicidas, etc.) têm muita importância dentro do processo de viticultura (podem provocar quebras de produção importantes), assim como no valor da PA.

As intervenções em verde consistem num conjunto de operações realizadas à videira durante o seu ciclo vegetativo. Engloba a desponta, a desfolha, a monda dos cachos, entre outras. A desponta consiste na eliminação das extremidades dos ramos da videira e é uma operação muito importante para diminuir as probabilidades do desavinho afectar a videira, melhorar as condições de insolação e arejamento e prevenir doenças como o míldio (INFOVINI, 2010). A desfolha é a operação de eliminação das folhas da videira, normalmente aquelas que se situam mais próximas dos cachos. Os principais objectivos desta operação são o arejamento, a redução da probabilidade de podridões nos cachos e o aumento da sua exposição solar, essencial para melhorar a colocação e permitir a manutenção dos bagos. A monda dos cachos da videira consiste na eliminação dos elementos dos cachos da videira para melhorar a qualidade dos bagos e regularizar a produção. Na monda dos cachos privilegia-se a qualidade à quantidade (INFOVINI, 2010). As intervenções em verde servem para proporcionar melhores condições ao crescimento e maturação dos cachos, já que permitem uma melhor distribuição da seiva na planta, o arejamento e a exposição das folhas e cachos. Além disso, facilitam a passagem das máquinas e aplicação de produtos fitossanitários (INFOVINI, 2010).

A manutenção do solo inclui as operações de gestão do solo das vinhas, com o objectivo de controlar os infestantes e/ou descompactar o solo, como a capinagem e gradagem e a aplicação de adubos minerais e correctivos orgânicos, com a finalidade de controlar as necessidades de macro e micro nutrientes das videiras.

A vindima baseia-se na colheita das uvas no ponto óptimo de maturação e estado sanitário. Essa actividade é de enorme importância para a empresa e para o seu processo de produção de vinho. Pode ser efectuada manualmente ou mecanicamente.

O plantio e o ciclo de crescimento da videira repetem-se regularmente em cada ano. Na Aveleda, a época adequada ao plantio é o período logo após a colheita (21 de Setembro). O

período que vai desde do plantio até ao abrolhamento representa a fase inicial do período de crescimento. Do abrolhamento até à floração denomina-se de fase de desenvolvimento. Segue-se a fase intermédia, que representa a fase que desde a floração até o início da maturação. Por fim, a fase final representa a fase que vai da maturação até a vindima.

O processo de viticultura fornece o principal ingrediente (uvas) para a produção do vinho e é onde se prevê uma PA significativa, mais concretamente a PA verde.

3.2.2 PRODUÇÃO DE VINHO

O processo de produção de vinho envolve várias actividades, desde a recepção de uvas, passando pela sua transformação e terminando no engarrafamento do vinho. O processo de produção de vinho compreende a vinificação, armazenamento/elaboração de lotes e engarrafamento.

3.2.2.1 VINIFICAÇÃO

A vinificação, neste caso vinificação em branco, engloba a transformação das uvas em vinhos brancos, podendo partir-se de uvas brancas ou tintas, minimizando-se neste último caso a extracção de matéria corante e outras substâncias fenólicas (CARDOSO, 2007). A vinificação compreende várias etapas (Figura 12). A seguir, é apresentada a descrição de algumas das principais etapas de vinificação, não só pela sua importância durante a produção do vinho, mas também pelo uso e poluição de água que a elas se encontram associadas.

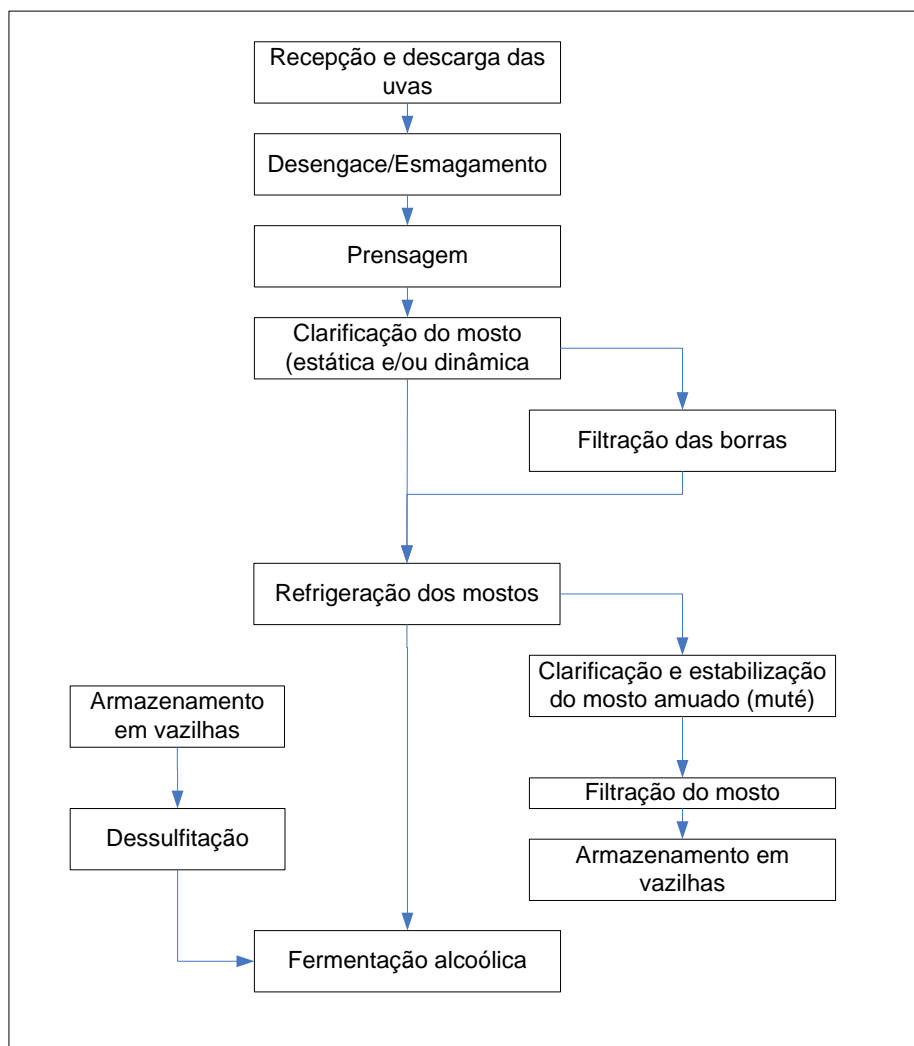


Figura 12 - Principais etapas da vinificação

Após a colheita, as uvas são transportadas em balsas, caixas ou granel para a unidade de transformação, onde são recebidas em tegões. O tegão é um grande recipiente aberto, de secção triangular, munido de um ou dois parafusos sem-fim, que movimenta a uva nele descarregada em direcção ao desengaçador/esmagador ou a uma bomba de elevação (CARDOSO, 2007). É nesta etapa que resultam os primeiros efluentes vinícolas do processo de produção de vinho, provenientes das lavagens dos equipamentos e pavimentos.

O desengace consiste na retirada da parte herbácea do cacho, que trará vantagens como sejam a diminuição do volume das massas (influência no volume das cubas e prensas), composição do mosto mais favorável à vinificação, ligeiro aumento de acidez e grau alcoólico e diminuição de aromas grosseiros e herbáceos (PIRRA, 2008). É efectuado automaticamente com auxílio dos eixos sem-fim que conduzem as uvas para o

desengaçador rotativo (SANTOS, 2010). Esta operação contribui também para produção de efluentes vinícolas, uma vez que há também lavagem dos equipamentos.

A prensagem consiste em separar o líquido (mosto) dos sólidos (engajo, películas e grainhas) que constituem a uva. Tem por objectivo extrair o mosto residual pela pressão exercida sobre as uvas esmagadas, originando o enxugamento do bagaço (PIRRA, 2008). Após a prensagem, o mosto é clarificado, ou seja, separa-se alguns sólidos mais pequenos do mosto, tornando-o menos turvo. Na Aveleda, a clarificação pode ser estática e/ou dinâmica. A clarificação estática consiste na sedimentação das borras e posterior trasfega de separação, com a denominação técnica de decantação. A clarificação dinâmica consiste em submeter o mosto à força centrífuga (centrifugação) ou à filtração sob vácuo, procedendo-se deste modo à separação das borras (AVELEDA, 2010a). Os efluentes vinícolas gerados durante toda a produção de mosto são provenientes essencialmente da lavagem prévia das cubas de fermentação, da lavagem dos equipamentos (filtros e centrífugas) e pavimentos e de perdas de mosto.

De seguida, o mosto é refrigerado por circulação num permutador de placas ou tubular, que utiliza água como elemento refrigerante, ou por armazenamento em cuba inox com camisa de refrigeração (AVELEDA, 2010a).

A dessulfitação consiste na remoção de sulfurosos do mosto por aquecimento e vácuo. Na Aveleda, a dessulfitação é realizada simultaneamente com uma parte do mosto amuado¹ produzido a partir das uvas recebidas no centro de vinificação e com o mosto amuado comprado, com vista a assegurar uma maior homogeneidade e semelhança das características do mosto que entram na dessulfitação (SANTOS, 2010). A realização da dessulfitação permite controlar a qualidade do mosto ainda na fase de vinificação, comparativamente ao vinho comprado que entra no sistema da Aveleda na fase seguinte de conservação/elaboração de lotes (SANTOS, 2010). O equipamento de dessulfitação é constituído por um permutador de calor, uma coluna de dessulfitação, uma coluna de neutralização e uma caldeira de vapor. O mosto é aquecido a temperaturas próximas de 110-120°C, com recurso ao permutador de calor e em seguida cai numa coluna de vapor,

¹ Mosto amuado consiste em mosto que não fermentou, ou cuja fermentação foi temporariamente interrompida por qualquer processo físico ou químico, como adição de SO₂.

² *Muté* é mosto semelhante ao mosto amuado, mas que passa por um tratamento de clarificação/estabilização

onde ocorre a neutralização do dióxido de enxofre (SO_2) gasoso através do uso de cal hidratada ou hidróxido de cálcio (vulgarmente conhecido por soda) (AVELEDA, 2010a). No entanto, antes de aquecer o mosto, coloca-se a circular vapor pelo circuito interno do tanque da soda e paralelamente, começa-se a aquecer o circuito do mosto com a circulação de água e o vapor do permutador aberto, até 80°C no mínimo. A operação de dessulfitação representa uma das principais causas do uso consumptivo de água, já que há perda parcial de água por evaporação. Após a dessulfitação, coloca-se a circular água para esvaziar o circuito do mosto e para arrefecer o tanque de soda. O mosto dessulfitado é encaminhado para a etapa de fermentação.

O mosto para edulcorar é feito com o objectivo de preparar o designado *muté*². O mosto é clarificado e/ou estabilizado, filtrado e armazenado em vasilhas. Como não fermenta, mantém o nível de açúcar elevado e tem como objectivo regular o teor de açúcar residual que ficará no vinho a engarrafar, consoante a quantidade pretendida para cada marca comercial de vinho (SANTOS, 2010). Parte deste mosto amuado é posteriormente utilizado na edulcoração durante a elaboração de lotes e a outra parte é dessulfitado e fermentado na mesma etapa de vinificação.

Parte do mosto refrigerado é clarificada, filtrada e armazenada em vasilhas, enquanto a outra parte do mosto é dessulfitada e fermentada. A fermentação alcoólica é a operação que transforma o mosto em vinho, através da fermentação dos açúcares produzindo álcool e outros compostos, pela acção das leveduras. A duração desta actividade é variável podendo ir até 15 dias ou mais. O processo fermentativo gera efluentes vinícolas provenientes principalmente da lavagem das cubas de fermentação, cubas de armazenamento, bombas e pavimentos e ainda das perdas de vinho.

3.2.2.2 CONSERVAÇÃO/ELABORAÇÃO DE LOTES

A conservação/elaboração de lotes é um dos sub-processos da produção do vinho que dá seguimento à vinificação. Inclui o armazenamento do vinho em vasilha, a clarificação por

² *Muté* é mosto semelhante ao mosto amuado, mas que passa por um tratamento de clarificação/estabilização e filtração e apresenta um teor de SO_2 superior ao do mosto amuado, com vista à remoção de impurezas e a evitar oxidações e fermentações não desejadas, respectivamente.

centrifugação, a elaboração de lotes, a clarificação/estabilização, a trasfega, a edulcoração, a estabilização tartárica, a filtração e as correcções finais do vinho (Figura 13).

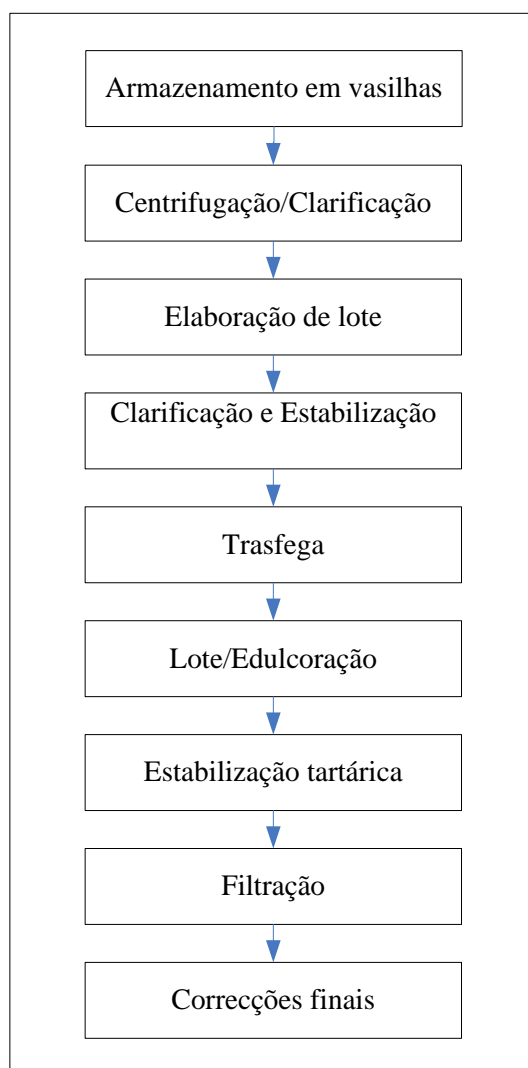


Figura 13 – Principais etapas da conservação/elaboração de lotes

Após o armazenamento em vasilhas e clarificação por centrifugação, procede-se à elaboração de lote, que consiste na mistura de vinhos de diferentes castas de origem de modo a obter um lote final de características pré-definidas. Decorrida a elaboração de lotes, procede-se à clarificação e/ou estabilização de vinhos por colagem, através da adição de produtos enológicos designados vulgarmente por colas. Esta operação visa remover o excesso de alguns constituintes, tornar a clarificação estável ao longo do tempo e melhorar as características sensoriais do vinho (CARDOSO, 2007).

Segue-se a trasfega, que se baseia na transferência de líquidos de um depósito para outro, por meio de uma bomba. Na Aveleda a trasfega pode ser feita através da ligação entre depósitos por meios de tubagem fixa e/ou móvel para transferência dos líquidos, auxiliada por uma bomba ou feita através de transporte em camião cisterna. Esta actividade é efectuada de forma a proteger os vinhos de oxidações excessivas, utilizando-se para tal gases inertes (AVELEDA, 2010a). Antes e após à trasfega, são lavados todos os equipamentos.

Em seguida procede-se ao ajustamento da quantidade de açúcar residual presente nos vinhos através da edulcoração (SANTOS, 2010). A edulcoração consiste em lotar mosto (*mutê*) com vinho seco (vinho praticamente sem açúcar), para obtenção de vinhos com determinadas concentrações de açúcares redutores (AVELEDA, 2010a).

As restantes operações antes do engarrafamento consistem na estabilização tartárica pelo frio, seguida de filtração e as correcções finais. A estabilização tartárica consiste no arrefecimento dos vinhos a temperaturas negativas, promovendo a precipitação do ácido tartárico instável, e posterior filtração para retenção dos sais (tartaratos). A filtração consiste na retenção de compostos do vinho ou mosto por meio de passagem de uma superfície filtrante. Os meios filtrantes podem ser de terras diatomáceas, de placas celulose, tangenciais e rotativos de vácuo, dependendo a escolha das características do meio filtrante, dos objectivos e do tipo de vinho a filtrar (AVELEDA, 2010a).

Mediante os resultados de análise realizada ao vinho após estabilização tartárica e filtração, fazem-se as correcções de acordo com os parâmetros pretendidos. Podem ser adicionados produtos enológicos de conservação ou estabilização, sendo que em alguns vinhos é introduzido dióxido de carbono de modo a conferir as características finais pretendidas para o tipo de vinho.

3.2.2.3 ENGARRAFAMENTO/ARMAZENAMENTO

O engarrafamento consiste no fornecimento de garrafas às linhas, despaletização e lavagem das garrafas, lavagem e esterilização das linhas de enchimento, filtração do vinho, enchimento das garrafas com o vinho, rolhamento, capsulagem, rotulagem, encaixotamento e paletização das caixas (Figura 14).

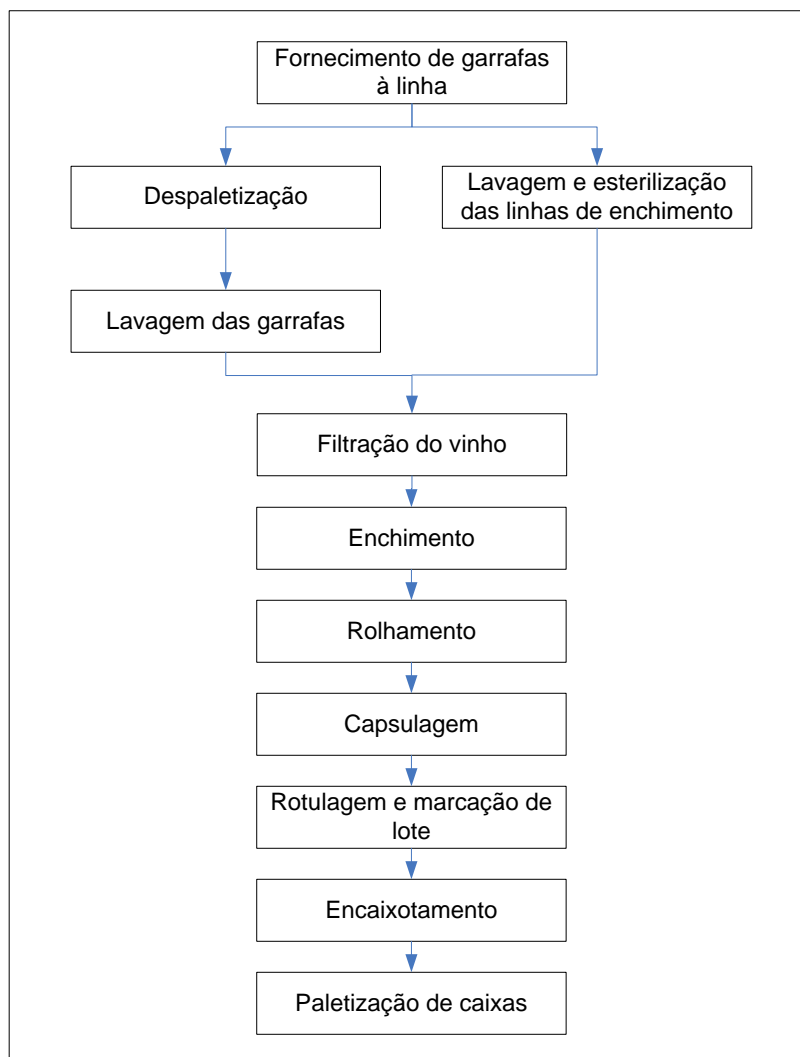


Figura 14 – Principais etapas do engarrafamento/armazenamento

Com a introdução das garrafas nas linhas, inicia-se a operação manual ou mecânica de desmantelamento das paletes de garrafas enviadas pelo fornecedor. Segue-se a lavagem de garrafas - a operação de limpeza que tem como finalidade a eliminação de poeiras ou eventuais resíduos de tratamento de superfície ou água de condensação.

Em paralelo com a esterilização das garrafas inicia-se a esterilização do circuito do vinho com vapor de água a uma temperatura próxima de 130°C e a uma pressão de cerca de $\pm 0,5$ bar, com as torneiras de purga abertas e circulação do vapor durante vinte minutos. De seguida, de forma a evitar que se dê a absorção de ar do meio ambiente para o interior do circuito, devido à depressão gerada pelo diferencial de temperaturas, faz-se passar ar comprimido esterilizado no circuito do vinho (AVELEDA, 2010a). No final do engarrafamento, lava-se o circuito do vinho com água filtrada em placas esterilizantes,

durante cerca de dez minutos (AVELEDA, 2010a). O efluente gerado tem como destino a ETAR da empresa. A esterilização constitui também uma das principais actividades causadoras do uso consumptivo da água, uma vez que existe um quantitativo significativo de perda de água por evaporação.

Procede-se a uma última filtração antes de se iniciar a operação de enchimento. O enchimento é a operação automática de colocação do vinho no interior da garrafa. Em seguida, ocorre a operação de rolhamento - operação mecânica de compressão e introdução da rolha no gargalo da garrafa, com o objectivo de evitar a fuga do vinho e a entrada de ar.

Na capsulagem coloca-se, manual ou automaticamente, a cápsula em garrafas previamente rolhadas (excepto as de cápsula “Screwcap”) e faz-se a sua adaptação ao gargalo da garrafa através de roletes ou termicamente, dependendo do material da cápsula. O engarrafamento é finalizado com as actividades de rotulagem, marcação de lote e encaixotamento das garrafas, e ainda a paletização automática de caixas.

4 AVALIAÇÃO DA PEGADA DE ÁGUA ASSOCIADA AO VINHO VERDE BRANCO

4.1 DEFINIÇÃO DOS OBJECTIVOS

Este estudo de PA tem dois objectivos: o primeiro objectivo consiste na determinação da PA associada ao vinho verde branco produzido na Aveleda – Sociedade Agrícola e Comercial da Quinta da Aveleda, S. A.; o segundo objectivo, é identificar as principais fontes de consumo de água relacionadas com o produto em análise (desde a viticultura até à produção do vinho).

4.2 DEFINIÇÃO DO ÂMBITO

A unidade funcional (UF) seleccionada, ou seja, a unidade em relação à qual todos os resultados são expressos, é 0,75 L de vinho verde branco.

Este estudo inclui as actividades associadas à produção de uva (viticultura) e as actividades associadas à produção de vinho (Figura 15). A produção de vinho inclui os processos de vinificação, de conservação/elaboração de lotes e de engarrafamento/armazenamento. Na Figura 15, as etapas do sistema em estudo foram reduzidas às etapas mais importantes da produção do vinho verde branco. Esta simplificação também foi aplicada às etapas que consomem água, bem como às que geram efluentes.

Não foram considerados os processos de produção dos restantes materiais e energia, bem como os transportes, intervenientes na cadeia de produção do vinho (ex: fertilizantes, garrafas, rolhas, combustíveis, energia eléctrica da rede, etc.), por falta de dados que permitam o cálculo da PA destes processos. Pelo mesmo motivo foram excluídas as fases subsequentes à produção de vinho, tais como a expedição, consumo e opções de fim de vida (dos resíduos de embalagem).

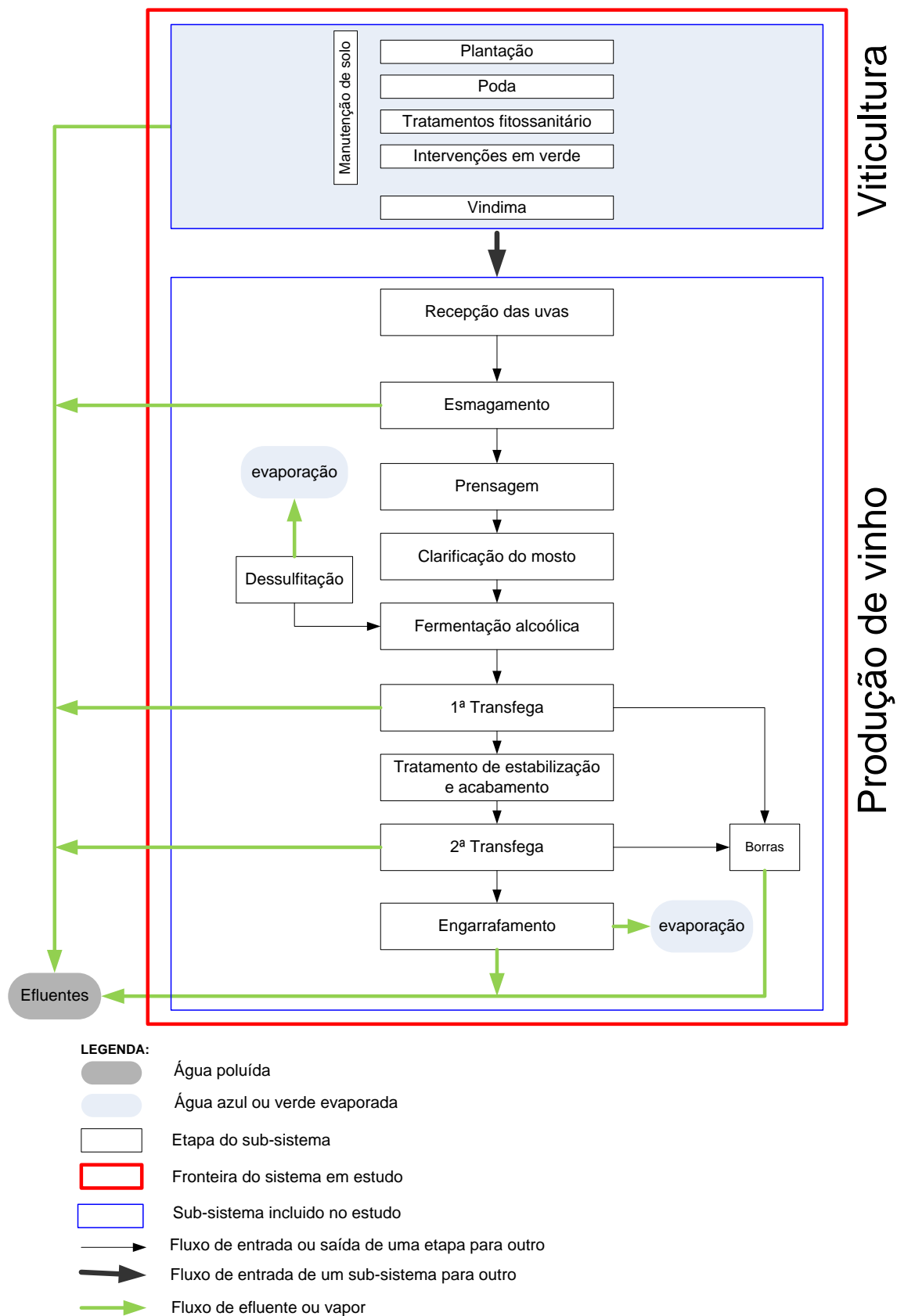


Figura 15 – Diagrama de obtenção do vinho verde branco, geração de efluentes e evaporação de água.

Todas as informações das actividades de produção são relativas às actividades desenvolvidas pela Aveleda – Sociedade Agrícola e Comercial da Quinta da Aveleda, S. A., situada em Penafiel (sub-região do Sousa), na RDVV. Embora as actividades ligadas à produção do vinho verde branco seleccionadas para este estudo sejam as que têm influência directa da empresa, considerou-se que as uvas, mosto e vinho comprados a produtores externos, tiveram o mesmo tipo de prática de produção que as uvas, mosto e vinho produzidos na Aveleda. Na vindima de 2008 foram usadas na vinificação 14,8% de uvas próprias. A quantidade restante (85,2%) foi comprada a produtores externos. Para além da compra de uvas, a Aveleda compra também vinho e mostos. Nesta campanha foram comprados vinho e mostos que representam cerca de 42,2% na quantidade final de vinho produzido. Representa também, quando expresso em termos de uvas, 42,2% do total de uvas que deram origem aos vinhos verdes brancos produzidos na Aveleda (Tabela 4).

Tabela 4 - Uvas, mosto e vinho usados na produção de Vinho Verde branco na Aveleda na campanha de 2008.

Uvas	kg	%
Uvas próprias da Aveleda	1157420	8,6
Uvas compradas a produtores externos	6643426	49,2
Uvas compradas na forma de mosto ou vinho ^{a)}	5691940	42,2
TOTAL	13492786	100
Vinho	L	%
Vinho produzido pela Aveleda (de uvas próprias e externos)	5850635	57,8
Vinho produzido pela Aveleda (do mosto e vinho comprado)	4268955	42,2
TOTAL	10119590	100

^{a)} Conversão do mosto e do vinho verde branco comprados em uvas. Assumiu-se ser necessário

1 kg de uvas para a produção de 0,75 L de vinho e/ou mosto.

A informação recolhida associada às actividades de viticultura e produção de vinho incide sobre a campanha vitivinícola de 2008/2009, ou seja, engloba o período de produção da uva, que decorre entre Novembro de 2007 e Outubro de 2008, e o período de produção de vinho, que decorre entre Setembro de 2008 e Novembro de 2009. Portanto, a PA do vinho verde branco produzido na Aveleda é representativa da campanha vitivinícola de 2008/2009.

É de salientar que os dados climáticos usados para estimar a evapotranspiração durante a viticultura são referentes a um período mais abrangente de 30 anos (entre 1961 e 1990).

No cálculo da PA foram consideradas as componentes da PA azul, verde e cinzenta.

4.3 QUANTIFICAÇÃO DA PEGADA DE ÁGUA

4.3.1 PEGADA DE ÁGUA DE UM PROCESSO

4.3.1.1 PEGADA DE ÁGUA AZUL

A PA azul é um indicador do uso consumptivo da chamada água azul, isto é, água doce superficial ou subterrânea. O termo “uso de água consumptivo” refere-se aos seguintes casos: água que evapora, água que é incorporada no produto, água que não regressa à mesma bacia hidrográfica (por exemplo, regressa a uma outra bacia hidrográfica ou vai para o mar) e água que não regressa num mesmo período (por exemplo, é retirada num período de escassez de água e regressa num período húmido).

Assim, a PA azul mede a quantidade de água disponível num determinado período que é consumida e não regressa imediatamente à mesma bacia hidrográfica. Desta forma, ela fornece uma medida da quantidade de água disponível consumida pelas actividades humanas.

A PA azul num processo é calculada de acordo com a Equação 1.

$$PA_{proc,azul} = \text{ÁguaAzulEvaporada} + \text{ÁguaAzulIncorporada} + \text{FluxoRetornoPerdido} \quad (1)$$

A última parcela da Equação 1 refere-se à parte do fluxo de retorno de água que não fica disponível para reutilizar na mesma bacia hidrográfica, num mesmo período de tempo, quer porque regressou a outra bacia hidrográfica (ou foi descarregado no mar), ou porque regressou num outro período de tempo.

A PA azul é expressa em volume de água por unidade de tempo ou em volume de água por unidade de produto.

4.3.1.2 PEGADA DE ÁGUA VERDE

A PA verde é um indicador do uso humano da chamada água verde. A água verde refere-se à água da chuva que fica armazenada no solo ou que fica temporariamente sobre o solo ou a vegetação e que, portanto, não sofre escorrência superficial nem recarrega aquíferos.

A PA verde é o volume de água da chuva consumida no processo. É particularmente relevante para produtos agrícolas e florestais, referindo-se à soma da evapotranspiração total de água da chuva (a partir de campos e plantações), com a água da chuva incorporada na cultura/madeira. A PA verde num processo é dada pela Equação 2.

$$PA_{proc,verde} = \text{ÁguaVerdeEvaporada} + \text{ÁguaVerdeIncorporada} \quad (2)$$

A distinção entre a PA verde e azul é importante, porque os impactes sociais, ambientais e hidrológicos, bem como os custos do uso de água superficial e subterrânea diferem dos impactes e custos do uso de água da chuva (HOEKSTRA e CHAPAGAIN, 2008).

4.3.1.3 PEGADA DE ÁGUA CINZENTA

A PA cinzenta de um processo é um indicador do grau de poluição da água doce associado ao processo. É definida como o volume de água doce que é necessário para diluir os poluentes de forma a cumprir os padrões de qualidade de água existentes (concentração máxima admissível).

A PA cinzenta é calculada pela divisão da carga de poluente (L , em massa/tempo) pela diferença entre o padrão de qualidade de água para o poluente (concentração máxima admissível, c_{max} , em massa/volume) e a sua concentração natural no corpo de água receptor (c_{nat} , em massa/volume) (Equação 3).

$$PA_{proc,cinzenta} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \quad (3)$$

No caso de um efluente descarregado para um meio receptor, a carga de poluente pode ser calculada a partir do volume de efluente (E_{fl} , em volume/tempo), da concentração do poluente no efluente (c_{eff} , massa/volume) e da sua concentração no meio receptor (c_{nat} , massa/volume), de acordo com a Equação 4.

$$L = Efl \times (c_{efl} - c_{nat}) \quad (4)$$

Quando um fluxo contém vários poluentes, a PA cinzenta é determinada pelo poluente que é mais crítico, ou seja, aquele ao qual está associada uma maior PA cinzenta.

4.3.2 PEGADA DE ÁGUA ASSOCIADA AO PROCESSO DE VITICULTURA

A PA total do processo de crescimento da videira ($PA_{proc,videira}$) é o somatório das componentes verde, azul e cinzenta (Equação 5).

$$PA_{proc,videira} = PA_{proc,verde} + PA_{proc,azul} + PA_{proc,cinzenta} \quad (5)$$

A componente verde ($PA_{proc,verde}$, m³/ton) é calculada a partir do quociente entre o uso de água verde pela videira (UAV_{verde} , m³/ha), e a produtividade (Y , ton/ha) (Equação 6). A produtividade de uvas na Aveleda é de 11 ton/ha.

$$PA_{proc,verde} = \frac{UAV_{verde}}{Y} \quad (6)$$

O uso de água verde pela videira é calculado pela acumulação da evapotranspiração diária de água verde (ET_{verde} , mm/dia) ao longo de todo o período de crescimento (Equação 7).

$$UAV_{verde} = 10 \times \sum_{d=1}^{dpc} ET_{verde} \quad (7)$$

O factor 10 presente na Equação 7 converte altura de água (expressa em mm) em volume de água por superfície de solo (m³/ha). O somatório da evapotranspiração é feito ao longo do período compreendido entre o dia do plantio (dia 1) e o dia da colheita (dpc representa a duração do período de crescimento em dias).

A evapotranspiração pode ser medida ou estimada. A medição da evapotranspiração é incomum e cara, pelo que neste estudo a evapotranspiração foi estimada através do modelo CROPWAT 8.0 desenvolvido pela Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations (FAO, 2010). Este modelo baseia-se na equação de Pennman-Monteith e

usa dados climáticos, propriedades do solo e características da cultura como dados de entrada.

O modelo CROPWAT 8.0 oferece duas opções diferentes para calcular a evapotranspiração: a ‘crop water requirement option’ (assume condições óptimas em que não existem restrições de água) e a ‘irrigation schedule option’ (permite a consideração da irrigação real ao longo do tempo). Neste estudo, tal como HOEKSTRA *et al.* (2009) recomendam, aplicou-se a segunda opção devido à sua maior precisão e ao facto de ser aplicável quer para condições óptimas quer para condições não óptimas. O modelo inclui o balanço hídrico do solo que segue o teor de água no solo ao longo do tempo numa base diária. Por este motivo, o modelo necessita de dados de entrada sobre as características do solo. O solo onde são cultivadas as videiras é franco-arenoso (informação fornecida pela Aveleda) e, cujo a textura é composta por areia (78,4%), limo (12,9%) e argila (8,7%). Os valores dos parâmetros do solo foram obtidos da FAO (FAO, 2010). Os parâmetros relacionados com o solo usados pelo modelo CROPWAT 8.0 e os respectivos valores para o solo encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados do solo utilizados como entrada no modelo CROPWAT 8.0

Conteúdo total de humidade disponível (TAW)	140 mm/m
Taxa de infiltração máxima de chuva	30 mm/dia
Profundidade máxima de raiz	900 cm
Conteúdo inicial de humidade do solo	290 mm/m
Depleção inicial da humidade do solo	140 % TAW

Na opção de ‘irrigation schedule’, a evapotranspiração calculada é chamada de evapotranspiração ajustada (ET_a), que pode ser ou não menor do que a evapotranspiração da cultura (ET_c) devido às condições não óptimas. A ET_a é calculada através do produto da ET_c sob condições óptimas pelo coeficiente de stress hídrico (K_s) (Equação 8).

$$ET_a = K_s \times ET_c = K_s \times K_c \times ET_0 \quad (8)$$

O K_s descreve o efeito do stress hídrico na transpiração da cultura. Para condições limitantes de água no solo, $K_s < 1$; quando não existe stress hídrico no solo, $K_s = 1$. Embora o K_s seja um dado de entrada no modelo CROPWAT 8.0, não é necessário ser introduzido

pelo utilizador. Este parâmetro é usado por defeito pelo próprio modelo após este ter calculado o balanço hídrico diário na zona da raiz (FAO, 2010).

Por sua vez, a ET_c é igual ao produto da evapotranspiração de referência (ET_0) pelo coeficiente de cultura (K_c) (Equação 8). A ET_0 é determinada pelo modelo para a relva e apenas é afectada pelos parâmetros climáticos. Ela expressa a evapotranspiração proveniente da atmosfera de um determinado local, num determinado tempo do ano e não considera as características da cultura e do solo. A ET_c difere da ET_0 no que se refere ao coberto do solo e resistência aerodinâmica da cultura. O K_c reflecte as diferenças existentes entre as características da cultura em análise e as características da relva (cultura de referência). Os principais factores que influenciam o K_c são a variedade de cultura, clima e estágio de crescimento da cultura (CHAPAGAIN e ORR, 2009). Portanto, devido às diferenças na evapotranspiração de referência durante os vários estágios de crescimento, o K_c da cultura em causa variará ao longo do período de crescimento (desde o plantio até à colheita). O CROPWAT 8.0 considera valores para este parâmetro para as fases inicial, intermediária e final de crescimento. Uma vez que não foram encontrados na literatura valores de K_c específicos para a região onde são cultivadas as videiras que abastecem de uvas a Aveleda, foram utilizados os valores de K_c para videiras recomendado por ALLEN *et al.* (1998) (Tabela 6). Além dos dados relativos ao K_c , são necessários dados de entrada adicionais relacionados com a cultura para o cálculo do calendário de irrigação, nomeadamente a duração (em dias) dos estágios de desenvolvimento, a profundidade da raiz, a depleção crítica (que representa o nível crítico de humidade do solo no qual o stress hídrico afecta a evapotranspiração e a produtividade da cultura) e a altura da cultura. Os dados da videira utilizados como entrada no modelo CROPWAT 8.0 são apresentados na Tabela 6. Os dados de depleção crítica, foram obtidos a partir da base de dados da FAO (ALLEN *et al.*, 1998).

Tabela 6 - Dados da videira utilizados como entrada no modelo CROPWAT 8.0 para os vários estágios de crescimento

	Inicial	Desenvolvimento	Intermediário	Final
K _c	0,30	-	0,70	0,50
Duração do estágio (dias)	191	60	79	35
Profundidade da raiz (m)		1,50		
Depleção crítica (fracção)		0,45		
Altura da cultura (m)		2,10		

A Aveleda possui registos de dados climáticos, mas estes não foram usados neste estudo uma vez que existiam algumas falhas representativas de dados. Por isso, os dados climáticos usados no cálculo da evapotranspiração foram obtidos através do modelo New_LocClim, que é simultaneamente um programa e base de dados, que inclui cerca de 30000 estações agroclimáticas mundiais (inclusivé estações de Portugal) e que permite estimar dados agroclimáticos médios para um ponto/local em que não existem registos climáticos disponíveis (FAO, 2005). Neste estudo, a interpolação foi realizada pelo modelo mediante a introdução das coordenadas geográficas do local de estudo (latitude: 41,21° N e longitude: 8,31° W), tomando como referência as estações mais próximas do local de estudo. Estimaram-se assim os dados agroclimáticos para a Aveleda. Os resultados encontram-se apresentados no Anexo A.

Após a introdução de todos os dados de entrada do modelo CROPWAT 8.0, o UAV_{verde} foi simulada e os resultados encontram-se no Anexo B.

A PA verde, para além da evapotranspiração, inclui ainda a água incorporada na cultura. Esta componente é determinada a partir do teor de humidade da cultura. Portanto, tendo em conta que o teor de humidade da uva é cerca de 75%, equivale a 0,75 m³ de água/ton de uvas. Considera-se que esta água é proveniente da chuva uma vez que não há irrigação da vinha.

Na ausência de irrigação, a PA azul no processo de viticultura é caracterizada apenas pela quantidade de água que é usada na pulverização da cultura. Esta quantidade de água representa a componente evaporativa da PA azul. O valor estimado para esta componente foi de 274 m³/ano (informação fornecida pela Aveleda).

A componente cinzenta ($PA_{proc,cinzenta}$, m³/ton) é calculada de acordo com a Equação 9, a partir da taxa de aplicação de químicos por hectare (AR , kg/ha), da fracção de lixiviação (α), da concentração máxima admissível do poluente no meio aquático receptor (c_{max} , kg/m³), da concentração natural do poluente considerado no meio aquático receptor (c_{nat} , kg/m³) e da produção de uvas (Y , ton/ha).

$$PA_{proc,cinzenta} = \frac{(\alpha \times AR) / (c_{max} - c_{nat})}{Y} \quad (9)$$

No cálculo da PA cinzenta é utilizada a fracção de lixiviação de modo a considerar apenas o ‘fluxo de poluentes’ que chega aos corpos de água doce (superficial ou subterrânea).

Esta pegada foi calculada para o azoto por se considerar ser o poluente crítico (informação fornecida pela Aveleda), ou seja, aquele que origina uma PA maior. O valor assumido para a fracção de lixiviação foi de 0,10 com base na recomendação de CHAPAGAIN *et al.* (2006). Os valores para a taxa de aplicação de azoto e para a produtividade foram fornecidos directamente pela Aveleda, e são, respectivamente, 13 kg N/ha e 11 ton uvas/ha. No que se refere a c_{max} para o azoto, o valor assumido foi de 11 mg N/L tendo como fonte o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto e considerando a concentração máxima admissível de azoto na água doce superficial destinada à produção de água para consumo humano. Seguindo a recomendação de HOEKSTRA *et al.* (2009), assumiu-se o valor de c_{nat} igual a zero devido à ausência de dados mais concretos.

4.3.3 PEGADA DE ÁGUA ASSOCIADA AO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE VINHO

A PA associada ao processo de produção de vinho ($PA_{proc,vinho}$) é o somatório das componentes azul e cinzenta (Equação 10). A PA verde no processo de produção de vinho é igual a zero uma vez que não há qualquer uso de água verde.

$$PA_{proc,vinho} = PA_{proc,azul} + PA_{proc,cinzenta} \quad (10)$$

A PA azul neste processo ($PA_{proc,azul}$) é calculada de acordo com a metodologia descrita na secção 4.3.1.1. A única componente que contribui para esta pegada é a componente evaporativa, que foi estimada em 176 m³/ano com base nos registos de consumo de água

da empresa e nas características das máquinas de dessulfitação (etapa da vinificação) e de esterilização (etapa de engarrafamento) (Tabela 7).

Tabela 7 – Estimativa de água evaporada nas etapas de dessulfitação e esterilização integradas no processo de produção de vinho (Fonte: Aveleda)

Actividade	Informações da Aveleda	Água evaporada (L/ano)
Dessulfitação	<ul style="list-style-type: none"> - Quantidade de água líquida: 300 L/h - 1/3 de água líquida evapora - Realizada 50 dias/ano - Realizada 16 horas/dia 	$(300/3 \cdot 50 \cdot 16) = 80000$
Esterilização	<ul style="list-style-type: none"> - A máquina produz 1200 kg vapor/h - 1200kg vapor/h é igual a 1200L vapor/h - Tempo de esterilização = 20 minutos - Quantidade de esterilizações semanais: 5 - Número de semanas por mês: 4 - Numero de meses por ano: 12 	$(1200/3 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 12) = 96000$
TOTAL		176000

A componente cinzenta da PA associada ao processo de produção de vinho foi calculada através das Equações 3 e 4 da secção 4.3.1.3.

A Aveleda integra nas suas instalações para além da produção de vinho, uma queijaria e uma vacaria. Os efluentes gerados por estas instalações não são separados e portanto, o efluente medido na estação de tratamento de águas residuais (ETAR) inclui o efluente proveniente dos três processos. Deste modo, o efluente da produção de vinho teve de ser estimado.

O volume de efluente na produção do vinho (Efl_{vinho} , volume/tempo) necessário para o cálculo da carga de poluente (L, massa/tempo), foi estimado com base na Equação 11.

$$Efl_{vinho} = Cap_{tot} - (Cons_{vacaria} + Cons_{queijaria}) - Evapor_{vinho} \quad (11)$$

em que Cap_{tot} é a captação total de água (m^3/ano), $Cons_{vacaria}$ (m^3/ano) é o volume de água consumida na zona de vacaria, $Cons_{queijaria}$ (m^3/ano) é o volume de água consumida na zona de queijaria e $Evapor_{vinho}$ (m^3/ano) é a água que evapora na zona de produção do

vinho (ver Tabela 7). Os valores dos consumos³ de água da empresa no ano de 2009 por zona de utilização e a captação de água total no mesmo ano são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Consumos de água por zona de actividade e captação total de água para o ano 2009

Queijaria (m ³ /ano)	44824,8
Vacaria (m ³ /ano)	1429,6
Captação total (m ³ /ano)	16136,6

Assim, o volume de efluente associado à produção do vinho foi de 10461,8 m³/ano (valor encontrado através da Equação 11). Salienta-se que este valor inclui também o efluente com origem no escritório, casas de banho, cozinha, oficina e casas dos funcionários (não foi possível separar estes usos). No entanto, as perdas por evaporação que ocorrem durante a lavagem dos pavimentos não foram consideradas.

A PA cinzenta associada ao processo de produção do vinho foi calculada para o CQO (*Carência Química de Oxigénio*) por se considerar ser o poluente crítico, ou seja, aquele que origina uma PA maior. Uma vez que não existem medições da concentração de CQO no efluente vinícola descarregado no meio receptor, esta concentração (c_{efl}) foi calculada através da Equação 12.

$$c_{efl} = c_{efl,bruto} \times (1 - \eta_{remoção}) \quad (12)$$

em que c_{efl} (massa/volume) é a concentração do poluente no efluente (à saída da ETAR), $c_{efl,bruto}$ (massa/volume) é a concentração do poluente no efluente bruto (concentração do poluente no efluente à entrada da ETAR) e $\eta_{remoção}$ é a eficiência de remoção do poluente na ETAR (fracção). Na ausência de valores para o CQO no efluente vinícola bruto da Aveleda, assumiu-se o valor da literatura de 6 g/L (RODRIGUES *et al.*, 2006). A eficiência de remoção de CQO na ETAR da empresa é, em média, de 73%. Actualmente a estação de tratamento de água residual (ETAR) da Aveleda é constituída por um sistema de duas lagoas arejadas, uma lagoa de decantação secundária e um tanque metálico pré-fabricado a funcionar em SBR (*Sequencing Batch Reactor*).

³ O consumo, neste contexto, não se refere ao uso consumptivo ligado ao conceito de pegada de água. Ou seja, não significa o volume de água que evapora nas diversas zonas da empresa, mas sim o volume de água que é utilizado.

No que se refere a c_{max} para o CQO, o valor assumido foi de 30 mg O₂/L tendo como fonte o Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto e considerando a concentração máxima recomendável de CQO na água doce superficial destinada à produção de água para consumo humano. Seguindo a recomendação de HOEKSTRA *et al.* (2009), assumiu-se o valor de c_{nat} igual a zero devido à ausência de dados mais concretos.

4.3.4 PEGADA DE ÁGUA TOTAL ASSOCIADA AO VINHO VERDE BRANCO

A PA total associada ao vinho verde branco engloba as pegadas de água associadas aos processos de viticultura e de produção de vinho e foi calculada de acordo com a Equação 13.

$$PA_{\text{vinho verde}} = PA_{\text{proc,videira}} \times Cons_{\text{uvas}} + PA_{\text{proc,vinho}} \quad (13)$$

em que $PA_{\text{vinho verde}}$ (m³/0,75L vinho) é a PA total associada à produção de vinho verde branco, $PA_{\text{proc,videira}}$ (m³/ton uvas) é a PA total do processo de crescimento da videira, $Cons_{\text{uvas}}$ (ton uvas/0,75 L vinho) e $PA_{\text{proc,vinho}}$ (m³/0,75 L vinho) é a PA associada ao processo de produção de vinho.

As pegadas de água associadas aos processos de crescimento da videira e de produção de vinho foram determinadas de acordo com as metodologias descritas, respectivamente, nas secções 4.3.2 e 4.3.3. Segundo a Aveleda, o consumo de uvas na produção de vinho é de 1 kg de uvas/0,75 L de vinho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta secção são apresentados e discutidos os resultados das PA's obtidos para o processo de viticultura e para o processo de produção do vinho, bem como para a actividade total de produção de vinho. São também confrontados os resultados obtidos com o resultado disponível noutro estudo bibliográfico para a pegada de água do vinho. Por fim, são apresentados os resultados obtidos na análise de sensibilidade realizada. Aqui foi analisada a influência da variação de alguns dos parâmetros considerados significativos no valor final da PA.

5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PEGADA DE ÁGUA

As PA's associadas ao processo de viticultura encontram-se apresentadas na Tabela 9. Uma vez que a PA agregada nos diz pouco sobre as origens do uso de água, decidiu-se (tal como na quantificação da PA) manter a distinção entre a PA verde, PA azul e PA cinzenta. A PA total associada ao processo de viticultura é de 396 m³/ton uvas, onde 385,0 m³/ton, 0,24 m³/ton uvas e 10,7 m³/ton uvas representam, respectivamente, a PA verde, PA azul e PA cinzenta. Assim cerca de 90% da PA total associada ao processo de viticultura está associada à componente verde.

Tabela 9 – PA associada ao processo de viticultura (m³/ton uvas)

Pegada de água (m ³ /ton uvas)			
Verde	Azul	Cinzenta	Total
385,0	0,24	10,7	396

A água incorporada nas uvas foi considerada água verde uma vez que a produção não recorre a um sistema de irrigação. Apenas foi considerada a água incorporada nas uvas, visto que não se conhece o teor de humidade nas restantes componentes da videira. A água incorporada nas uvas (0,75 m³/ton uvas) tem pouca representatividade na PA verde total já que é cerca de 0,1% da água evapotranspirada. Este valor percentual é concordante com o valor típico apresentado por HOEKSTRA *et al.* (2009) para a água incorporada nos produtos. Assim, a evaporação é a principal componente da PA verde associada ao crescimento das videiras. Realça-se que no cálculo da PA verde foram usados alguns dados, nomeadamente

dados característicos da cultura (coeficiente de cultura e depleção crítica) que não são específicos da Aveleda. Mais a frente, na secção 5.2, será avaliada a influência destes parâmetros na PA total associada à produção do vinho verde branco.

No que se refere à componente azul da PA, o valor encontrado ($0,24 \text{ m}^3/\text{ton}$ uvas) deve-se, exclusivamente, à evaporação da água utilizada na actividade de pulverização das videiras e que, deste modo, não regressa à bacia hidrográfica de onde foi retirada. Todas as restantes componentes da PA azul (água incorporada e evapotranspiração) não foram consideradas na quantificação desta pegada uma vez que não há irrigação. Com base nos resultados apresentados na Tabela 9, pode-se constatar que a PA azul é insignificante comparada com as outras componentes da PA, principalmente quando comparada com a PA verde.

No processo de viticultura, o volume de água necessário para diluir o azoto de forma a atingir os níveis aceitáveis de qualidade da água é de $10,7 \text{ m}^3/\text{ton}$ uvas. O efeito de outros poluentes como o fósforo não foi considerado neste estudo por se considerar que o azoto é o poluente crítico do efluente líquido. Segundo ARAÚJO *et al.* (2005) o fósforo apresenta mobilidade muito baixa no solo devido à alta interacção que possui com os colóides do solo, pelo que é de esperar uma baixa taxa de lixiviação para este poluente. Além disso, na Aveleda o fósforo é incorporado no solo, no máximo (dependendo dos resultados das análise de solo efectuadas) apenas nas adubações de fundo realizadas aquando da instalação das vinhas. Quanto aos pesticidas, não foram verificadas os seus efeitos na PA uma vez que não se conseguiu ter nenhuma referência bibliográfica da taxa de lixiviação. Assim, o valor da PA cinzenta estimado considerou apenas o azoto.

Além de depender do tipo de poluente, a PA cinzenta depende também do uso da massa de água receptora dos poluentes. Neste trabalho, os resultados da PA cinzenta consideram a concentração máxima admissível de azoto na água doce superficial destinada à produção de água para consumo humano, tendo em consideração que a água do rio Sousa (rio que recebe o fluxo de poluentes) pode ser utilizada para esse fim (SNIRH, 2010).

As uvas e mostos consumidos pela Aveleda no seu processo de produção de vinho representam cerca de 90%. Neste estudo assumiu-se que a prática de viticultura externa é igual à viticultura praticada na Aveleda, logo a PA, em m^3/ton uvas, associada ao processo

de viticultura obtida para a Aveleda é igual à PA associada ao processo de viticultura externa. A PA total associada ao processo de viticultura por local de produção das uvas, expressa em m^3/ano , é apresentada na Tabela 10. A distinção entre a PA associada à Aveleda e a PA externa foi obtida com base na informação constante da Tabela 4 e da Tabela 9.

Tabela 10 - PA associada ao processo de viticultura por local de produção das uvas ($1000 \text{ m}^3/\text{ano}$)

Local	Pegada de água ($1000 \text{ m}^3/\text{ano}$)			Total
	Verde	Azul	Cinzenta	
Aveleda	445,6	0,3	12,4	458,3
Externa	4748,4	2,9	132,5	4883,8
Total	5194	3,2	144,9	5342,1

No processo de viticultura, a PA externa ou da cadeia de abastecimento da empresa ($4,9 \text{ Mm}^3/\text{ano}$) é muito significativa quando comparada com a PA da Aveleda ($0,46 \text{ Mm}^3/\text{ano}$) (Tabela 10). Neste contexto, traçar estratégias de redução da PA na cadeia de abastecimento da empresa poderia ter mais eficácia, embora seja muito difícil uma vez que os processos de produção são externos à Aveleda.

Os resultados da PA associada ao processo de produção de vinho são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – PA associada ao processo de produção de vinho (m^3/ano)

Pegada de água (m^3/ano)			
Verde	Azul	Cinzenta	Total
0	176	564937	565113

A PA verde no processo de produção de vinho é zero uma vez que não há qualquer utilização de água verde (água da chuva).

No que se refere à PA azul no processo de produção de vinho, o valor obtido é $176 \text{ m}^3/\text{ano}$ e deve-se essencialmente à evaporação de água que ocorre na dessulfitação (etapa de vinificação) e na esterilização das garrafas e das linhas (etapa de engarrafamento), cujos valores são, respectivamente, $80 \text{ m}^3/\text{ano}$ e $96 \text{ m}^3/\text{ano}$. A componente evaporativa é a única componente contributiva da PA azul no processo de produção de vinho. Na dessulfitação a perda de água ocorre durante o aquecimento de água nas caldeiras, a elevadas

temperaturas, enquanto que na esterilização as perdas de água ocorrem aquando da esterilização, por vapor a altas temperaturas, das garrafas e das linhas de enchimento.

A PA cinzenta associada ao processo de produção de vinho é 564937 m³/ano, sendo a principal responsável pela PA total no processo de produção de vinho (representando mais de 99% da PA total). Este valor de PA cinzenta corresponde ao pior cenário, ou seja, ao cenário que conduz à maior pegada. Para este caso, foi considerado que a CQO é o poluente crítico e que a massa de água receptora dos poluentes (rio Sousa) se destina à produção de água para consumo humano. No processo de tratamento de dados foram determinados valores de PA para outros poluentes (por exemplo, CBO₅) e para outros usos da água (como por exemplo, para rega), tendo-se constatado que os correspondentes resultados da PA eram inferiores comparativamente ao valor adoptado (564937 m³/ano). Realça-se ainda o facto de o valor de CQO considerado para o efluente do processo de produção de vinho (6 g/L) foi recolhido na bibliografia consultada uma vez que este valor não está disponível na Aveleda.

A soma da PA associada ao processo de viticultura e da PA associada ao processo de produção de vinho (Equação 13, secção 4.3.4) resulta na PA associada à actividade de produção do vinho verde branco. Os resultados deste somatório são apresentados, em L de água/0,75 L de vinho (Tabela 12).

Tabela 12 – PA total (verde, azul e cinzenta) associada ao vinho verde branco (L/0,75 L vinho)

Pegada de água (L/0,75 L vinho)			
Verde	Azul	Cinzenta	Total
385,4	0,3	52,6	437,9

A PA total associada ao processo de produção do vinho verde branco é de cerca 438 L/0,75 L vinho, em que 385,4 L/0,75 L vinho, 0,3 L/0,75 L vinho e 52,6 L/0,75 L vinho representam, respectivamente, a PA verde, PA azul e PA cinzenta (Tabela 12). A PA verde é a principal componente da PA total associada à produção do vinho verde branco (representando cerca de 88% da PA total). A PA cinzenta contribui com a segunda maior PA associada à produção do vinho verde branco, representando cerca de 12% da PA total. Por fim, constata-se que a PA azul pouco contribui para a PA total associada à produção do vinho verde branco. A contribuição das diferentes componentes da PA total associadas aos processos de viticultura e produção de vinho são apresentadas na Figura 16. O processo de

viticultura contribui para 90% da PA total associada à produção do vinho verde branco (Figura 17). A PA verde resulta exclusivamente do processo de viticultura, enquanto que para a PA azul, a contribuição da viticultura e da produção é, respectivamente, 95% e 5%. Em relação à PA cinzenta, a viticultura e produção de vinho contribuem com 20% e 80%, respectivamente.

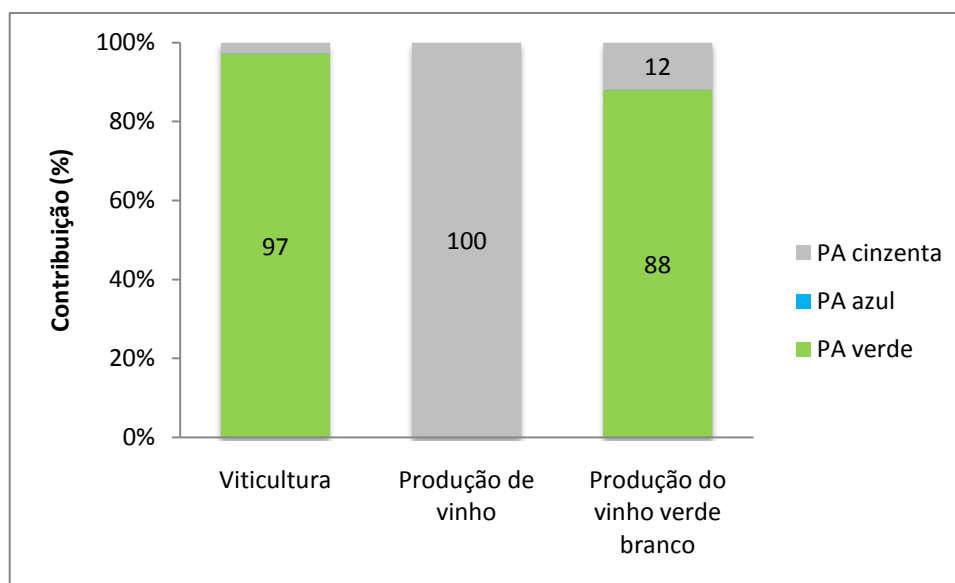


Figura 16 - - Contribuição da PA verde, azul e cinzenta nos processos de viticultura e de produção de vinho e na actividade global de produção de vinho

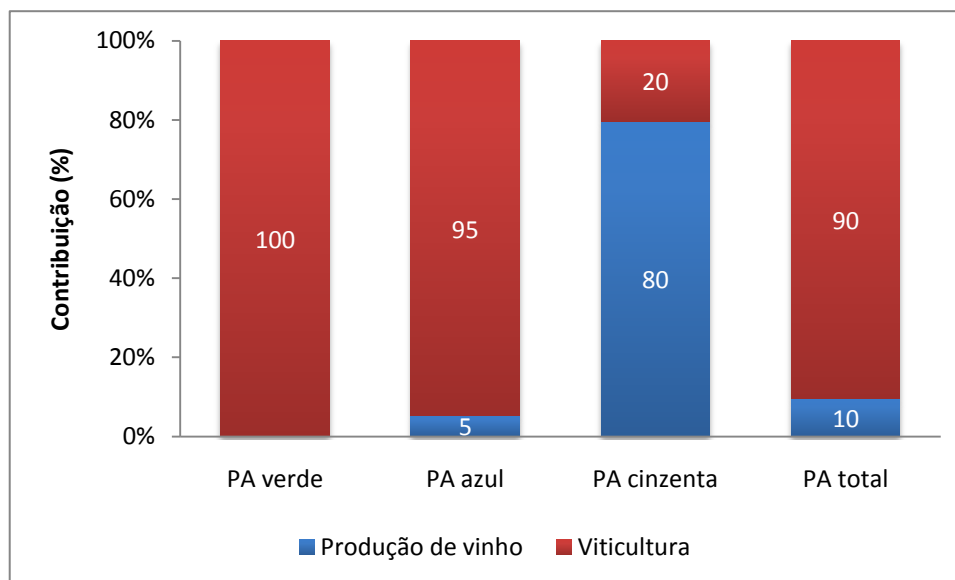


Figura 17 – Contribuição dos processos de viticultura e de produção de vinho para as diferentes componentes da PA

HOEKSTRA e CHAPAGAIN (2008) estimaram um valor médio global para a PA do vinho igual a 120 L de água por 125 mL de vinho, sendo a produção das uvas a principal responsável por esta pegada. Este valor de PA é bastante superior ao valor obtido no presente estudo, que é equivalente a 73 L de água por 125 mL de vinho. Salienta-se que HOEKSTRA e CHAPAGAIN (2008) não fornecem detalhes sobre os pressupostos associados ao valor de PA do vinho. Por exemplo, desconhece-se o tipo de vinho considerado, as etapas de produção incluídas e os produtos de entrada considerados. No entanto, no estudo de HOEKSTRA e CHAPAGAIN (2008) também se conclui que a produção das uvas (viticultura) é a principal responsável pela PA.

Os impactes da produção do vinho verde branco incidem principalmente sobre os recursos de água verde, sendo que quase 100% da água utilizada se evapora. A precipitação média anual em Portugal na década de 2000 é de cerca de 779 mm, enquanto a precipitação média anual na RDVV é de cerca de 1260 mm (IM, 2008), o que pode indicar que não existe escassez do recurso de água verde na região. No entanto, a Aveleda, actualmente, já possui um sistema de irrigação, com o objectivo de evitar o stress hídrico das culturas, para fazer face a um eventual cenário de falta de água verde suficiente para satisfazer as necessidades da cultura.

Os impactes sobre os recursos de água azul também têm alguma significância, não ao nível da quantidade consumida (a PA azul é reduzida), mas sim ao nível da poluição (a PA cinzenta é importante) podendo limitar utilização de água do rio Sousa a jusante do ponto de descarga.

Segundo o diagnóstico contido no Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Douro, o rio Sousa possui elevados níveis de matérias orgânicas e concentrações bacterianas. Estes níveis de poluição devem-se essencialmente à presença de unidades industriais na envolvente dos cursos de água da bacia que potenciam a degradação da qualidade da água e colidem com usos recreativos. A expansão urbana, actual e programada, coloca também diversos problemas ao equilíbrio dos recursos naturais e que se traduz no aumento dos pontos de conflito com os recursos hídricos e na contaminação de áreas de recarga de aquíferos (INAG, 2001).

Neste contexto, a Aveleda pode traçar estratégias de forma a contribuir para a redução da PA do vinho que produz e, consequentemente, contribuir para a melhoria da qualidade de água do rio Sousa. No geral, a Aveleda pode reduzir a PA, promovendo o uso eficiente de água nas suas actividades e evitando ao máximo as perdas de vinho e mosto que contribuem para aumento da carga dos poluentes. Mais concretamente, a empresa pode reduzir a PA verde, aumentando a sua produtividade na viticultura. HOEKSTRA *et al.* (2009) propõem algumas medidas de redução de PA verde, considerando por exemplo, o aumento da produtividade do solo (ton/ha), por melhoria das práticas agrícolas, ou seja, para a mesma pluviosidade a produtividade da água (ton/m³) aumentará e a PA será reduzida. A redução de PA verde por ton de uvas num lugar pode reduzir a PA azul na produção de culturas como um todo. No entanto, a PA verde depende de vários aspectos (características de cultura e do solo, condições climáticas) sobre os quais a Aveleda não consegue intervir e, portanto, terá dificuldades em diminuir a PA verde.

Quanto à PA cinzenta, no processo de produção de vinho, a Aveleda pode tentar diminuir a sua carga de poluentes (nomeadamente perdas de vinho ou mosto) e/ou aumentar a eficiência de remoção dos poluentes na sua ETAR. No processo de viticultura, a PA cinzenta pode ser reduzida, aplicando fertilizantes de forma a que sejam absorvidos ao máximo, reduzindo assim a taxa de lixiviação e otimizando o tempo e técnica de adição de químicos.

Neste momento, a Aveleda está a realizar um diagnóstico de caracterização dos seus efluentes através de uma caracterização quantitativa (medição de caudal), caracterização qualitativa, instalação de unidade de desidratação de lamas e que inclui a instalação de uma obra de entrada com caudalímetro. Por outro lado, a empresa estuda também a hipótese de ligação dos seus efluentes ao saneamento (Penafiel), conseguindo deste modo, melhorar a eficiência do processo e minimizando possíveis impactes ambientais e económicos (informação fornecida pela Aveleda).

Em particular, existe já actualmente um conjunto diversificado de soluções direccionadas para o aproveitamento de água da chuva, para a reutilização de águas residuais tratadas e para o controlo do consumo de água doméstico. Para além de ambientalmente mais adequadas, estas são também medidas para reduzir a factura da água, um bem cujo custo poderá ser proibitivo se não for pensado o modo de acautelar a sua preservação.

HOEKSTRA e CHAPAGAIN (2008) propuseram o conceito de “água neutra”, um valor de referência criado para medir o esforço necessário para a minimização do impacto ambiental associado ao uso de água. Por exemplo, para uma empresa atingir a neutralidade, significa optar pelas seguintes condições: concretizar todas as medidas ao alcance para reduzir a PA e/ou procurar investir em projectos cujo objectivo é o uso sustentável da água. Por sua vez, os bens ou serviços produzidos podem ser considerados neutros quando as externalidades negativas da respectiva PA são reduzidas ou compensadas pelo investimento em projectos sustentáveis. Entretanto, este conceito de água neutra não é muito claro uma vez que não se sabe exactamente quais as medidas que realmente compensam os impactos negativos. Actualmente, já existe um grupo de trabalho a desenvolver uma norma ISO da PA (ISO 14046), que pode vir a ajudar as várias partes interessadas a reduzir ou compensar determinados impactos negativos da PA.

5.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Foi realizada uma análise de sensibilidade que visa avaliar o efeito de variações individuais dos valores de cinco parâmetros usados na quantificação da PA total e aos quais está associada um elevado nível de incerteza. Destes parâmetros, três estão relacionados com o processo de viticultura e os outros dois estão relacionados com o processo de produção de vinho (Tabela 13).

A gama de variação adoptada para os parâmetros coeficiente de cultura, depleção crítica e concentração de CQO no efluente bruto, foi estabelecida com base nos valores disponíveis na bibliografia consultada. Para os parâmetros volume de efluente associados à produção do vinho e fracção de lixiviação foi definida de forma deliberada uma gama de variação.

Tabela 13 – Gama de variação dos parâmetros considerados na análise de sensibilidade e respectivos resultados da PA

Parâmetros considerados	Gama de variação considerada	Variação calculada para a PA
Coeficiente de cultura na fase inicial ($K_{c,inic}$)	-70% a +230%	-14% a +49%
Depleção crítica (p)	-25% a +50%	-1% a +5%
Concentração de CQO no efluente bruto ($c_{efl,bruto}$)	-80% a +70%	-7% a +6%
Volume de efluente na produção do vinho (Efl_{vinho})	-50% a +50%	-5% a +5%
Fracção de lixiviação (α)	-50% a +100%	-1% a +2%

Os resultados obtidos na análise de sensibilidade mostram que o coeficiente de cultura na fase inicial ($K_{c,inic}$) é o parâmetro cuja alteração provoca uma maior variação do valor de PA (-14% a 49%). Segue-se a concentração de CQO no efluente bruto ($c_{efl,bruto}$), cuja a variação resulta num desvio de -7% a 6% face ao valor da PA inicial. No que se refere aos restantes parâmetros, depleção crítica (p), volume de efluente na produção do vinho (Efl_{vinho}) e fracção de lixiviação (α), apresentam efeitos no valor da PA menos significativos, inferiores ou iguais a 5%.

A gama de variação do $K_{c,inic}$ varia consoante a frequência com que o solo é molhado, isto é, quanto mais vezes o solo for molhado, maior será o valor de $K_{c,inic}$. Pelo contrário, o $K_{c,inic}$ será menor quanto menor for a frequência com que o solo é molhado (ALLEN *et al.*, 1998). Deste modo, a PA pode ser afectada de forma significativa caso a rega (neste caso particular, associada à precipitação) seja muito ou pouco frequente.

A depleção crítica (p) depende do poder de evaporação da atmosfera, isto é, quanto menor for a taxa de evapotranspiração de cultura (ET_c), maior será a depleção crítica (ALLEN *et al.*, 1998). Portanto, é um parâmetro que depende das condições atmosféricas do local.

Em relação à concentração de CQO no efluente bruto ($c_{efl,bruto}$) pode-se verificar que uma redução de 80% deste parâmetro, resultará numa redução da PA total de 7%. Este valor pode-se considerar significativo, principalmente se tivermos em conta que a PA cinzenta encontrado neste trabalho representa cerca de 12% da PA do vinho verde branco (Figura 16) e quase 100% da PA do processo de produção de vinho (Figura 17). Neste contexto, reduzir a concentração de CQO no efluente bruto pode ser uma medida eficaz para a redução da PA total do vinho verde branco.

No que se refere ao volume de efluente na produção do vinho, verifica-se que diminuindo ou aumentando este parâmetro 50%, a PA total aumenta ou diminui 5%. Deste modo, traçar estratégias de redução do volume de efluente na produção do vinho pode ser também eficaz na redução de PA.

Conclui-se ainda que a fracção de lixiviação (α) tem pouca influência no valor de PA total por comparação com os outros parâmetros analisados.

6 CONCLUSÕES

A água doce é um recurso natural importante, que cada vez se torna mais escasso e, portanto, são necessárias ferramentas de gestão deste recurso adequadas para serem usadas de forma consistente a nível internacional por várias partes interessadas. Neste contexto, a (PA) é um instrumento que pode auxiliar na gestão sustentável deste recurso. A PA de um produto é a soma de toda a água consumida ao longo do ciclo de vida do produto. O cálculo da PA de produtos agro-industriais é importante porque eles são amplamente conhecidos como tendo uma quantidade significativa de água associada à sua produção. O vinho constitui um desses produtos agro-industriais. Assim, o sector do vinho necessita de atenção e esforços com o intuito de garantir a sua sustentabilidade, minimizando desta forma os impactes ambientais como a depleção dos recursos hídricos locais.

A PA é desagregada em três componentes: a verde, a azul e a cinzenta. A PA verde refere-se ao consumo de água da chuva armazenada no solo sob a forma de humidade (água verde) em resultado da actividade humana, a PA azul refere-se ao consumo de água superficial ou subterrânea (água azul) em resultado da actividade humana e a PA cinzenta é um indicador da água poluída (água cinzenta) em resultado da actividade humana e corresponde ao volume de água doce necessário para diluir os poluentes de forma a atingir os níveis aceitáveis de qualidade da água.

Este trabalho pretendeu quantificar a PA associada à produção de 0,75 litros de vinho verde branco e identificar as principais fontes de consumo de água relacionadas com o produto em análise. No estudo foram consideradas duas fases do ciclo de vida: a viticultura (produção das uvas) e a produção do vinho (que inclui a vinificação, a conservação e elaboração de lotes e o engarrafamento/armazenamento).

A PA associada à produção do vinho verde branco é de cerca de 438 L/0,75 L de vinho. As componentes azul, verde e cinzenta são de, respectivamente, 385,4 L/0,75 L de vinho, 0,3 L/0,75 L de vinho e 52,6 L/0,75 L de vinho. Deste modo, a PA verde contribui com cerca de 88%, enquanto a PA cinzenta contribui com cerca de 12% para a PA total. A PA azul representa uma quantidade insignificante quando comparada com as outras componentes.

Os resultados da PA obtidos permitem também concluir que a viticultura é a principal responsável pela PA do vinho verde branco, representando 90% da PA, enquanto que o processo de produção de vinho representa os restantes 10%.

No que se refere aos possíveis impactes da PA, conclui-se que as actividades da Aveleda têm impactes, principalmente, sobre os recursos de água verde. No entanto, existem também impactes sobre os recursos de água azul, nomeadamente sobre o rio Sousa, resultantes da carga poluente descarregada.

No que se refere à redução da PA, conclui-se que esta pode ser conseguida de forma mais significativa através da redução da carga poluente das águas residuais geradas durante a fase de produção do vinho (no caso da PA cinzenta), da redução da taxa de aplicação de químicos na viticultura e do aumento da produtividade na fase de viticultura (no caso da PA verde). Embora este último seja muito difícil de conseguir uma vez que existem aspectos climáticos e de cultura sobre os quais a empresa não pode ter qualquer tipo de intervenção.

É de destacar ainda que é possível poupar água através da sensibilização dos empregados e colaboradores da empresa para o uso eficiente deste recurso.

Em relação às limitações encontradas neste trabalho, importa destacar a falta de dados próprios quer na viticultura quer na produção do vinho. A utilização de dados da bibliografia pode ter repercussões importantes na PA, tal como demonstram os resultados da análise de sensibilidade efectuada. Por exemplo, o valor utilizado para o coeficiente de cultura pode influenciar de forma significativa o resultado da PA total, pelo que seria importante a obtenção de valores para este parâmetro específicos das condições a que as videiras da RDVV são sujeitas. Outra limitação do estudo, prende-se com o facto de nas instalações da Aveleda se desenvolverem outras actividades para além das relacionadas com o vinho, dificultando deste modo a obtenção de dados específicos apenas do vinho.

Relativamente às fronteiras do estudo, destaca-se a ausência de dados relativos à PA de produtos como os produtos químicos, produtos enológicos, entre outros, que entram na cadeia de produção do vinho verde branco, mas que não foi possível considerar na quantificação da PA do vinho verde branco.

7 PERSPECTIVAS FUTURAS

As sugestões para a realização de trabalhos futuros são apontadas com vista a complementar as limitações apresentadas anteriormente (secção 6), mas também visam alargar o âmbito deste estudo a estudos mais abrangentes (considerando outras actividades).

No que se refere à lacuna de dados, sugere-se, se possível e disponível, a utilização de dados específicos da cultura, nomeadamente coeficientes de cultura. Uma vez que mais de 90% de uvas (uvas e uvas na forma de mosto) da Aveleda são provenientes de fora, possivelmente seria mais eficaz saber características da produção das uvas fora da Aveleda. Em relação às concentrações de poluentes no efluente bruto, sugere-se a utilização de dados de produção de vinho próprios da empresa. Neste estudo não foi possível ter estes dados, nem mesmo a recolha de amostras para posterior determinação das concentrações dos poluentes.

Relativamente ao âmbito do estudo, se possível, deveria englobar mais actividades (como transportes) e materiais (como garrafas, produtos enológicos), bem como o consumo de água pelos colaboradores da empresa.

Sugere-se ainda um estudo da fase de produção de vinho por actividade, ou seja, analisando individualmente a vinificação, conservação/elaboração de lotes e o engarrafamento/armazenamento, permitindo identificar qual a actividade com maior PA.

No futuro, com base na norma ISO em elaboração para a PA, poder-se-á eventualmente traçar medidas concretas de compensação das externalidades negativas da PA, de resto semelhante ao que acontece na metodologia da pegada de carbono.

Relativamente à análise de sensibilidade, sugere-se uma análise mais abrangente, isto é, fazendo variar mais do que um parâmetro ao mesmo tempo ou percentagens equivalentes.

Referências Bibliográficas

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements, FAO irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization. Rome, Italy.

Araújo, C.A.S., Silva, D.J., Damasceno, F.C., Anjos, J.B. (2005). Fator de retardamento para fósforo em colunas de um solo cultivado com videiras irrigadas por microaspersão. In: Congresso brasileiro de ciência do solo. Recife. .

Aveleda (2010a). Procedimentos Operativos, Departamento de Enologia. Aveleda. Penafiel. Portugal.

Aveleda (2010b). Manual de Gestão Integrado. Controlo de Gestão e Qualidade, 15^a edição. Aveleda. Penafiel. Portugal.

Cardoso, A. D. (2007). O vinho - da uva à garrafa, Âncora editora. Lisboa.

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y. (2004). Water footprints of nations. Value of Water Research Report Series No 16, UNESCO-IHE. Delft, The Netherlands. Disponível em: www.waterfootprint.org/Reports/Report16Vol1.pdf.

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y. (2007). The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands. Ecological Economics. Vol. 64, n.º 1, p. 109-118.

Chapagain, A. K., Orr, S. (2009). An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes. Journal of Environmental Management. Vol. 90, n.º 2, p. 1219-1228.

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G., Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics. Vol. 60, n.º 1, p. 186-203.

CVRVV - Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes (2010). Disponível em: <http://www.vinhoverde.pt>.

FAO - New LocClim, Local Climate Estimator CD-ROM, Food and Agriculture Organization (2005). Rome, Italy. Disponível em: www.fao.org/nr/climpag/pub/en3_051002_en.asp.

FAO - CROPWAT 8.0 model, Food and Agriculture Organization (2010). Rome, Italy. Disponível em: www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html.

Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn, A., Mylan, J. (2006). Environment impacts of Food Production and Consumption: A report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs. Manchester Business School. Defra, London.

Gerbens-Leenes, P. W., Moll, H. C., Schoot Uiterkamp, A. J. M. (2003). Design and development of a measuring method for environmental sustainability in food production systems. *Ecological Economics*. Vol. 46, n.º 2, p. 231-248.

Hoekstra, A. Y. (2007). Human appropriation of natural capital: Comparing ecological footprint and water footprint analysis. Value of Water Research Report Series No 23, UNESCO-IHE. Delft, The Netherlands.

Hoekstra, A. Y., Hung, P. Q. (2002). 'Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade'. Value of Water Research Report Series No 11, UNESCO-IHE. Delft, The Netherlands.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K. (2007). The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecological Economics*. Vol. 64, n.º 1, p. 143-151.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K. (2008). *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. (2009). Water Footprint Manual: State of the Art 2009. Water Footprint Network, Enschede, The Netherlands.

IM - Instituto de meteorologia, I. P. (2008). Análise Climatológica da Década 2000-2009. Relatório preliminar. Disponível em: http://www.meteo.pt/export/sites/default/bin/docs/tecnicos/bc_dc_00_09.pdf.

INAG - Instituto da água, I.P. (2001). Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Douro. Normas Regulamentares: Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.

INAG - Instituto da água, I.P. (2005). Seca em Portugal Continental. Relatório da Assembleia da República.

Infovini - Vinhos de Portugal (2009). Disponível em: <http://www.infovini.com>. Acedido em 02 de Outubro de 2010.

Infovini - Vinhos de Portugal (2010). Práticas culturais. Disponível em: www.infovini.com.

IPCC (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 976pp.

IVV - Instituto do vinho e da vinha, I.P. (2009a). Disponível em: <http://www.ivv.min-agricultura.pt/np4/115.html>. Acedido em 12 de Outubro de 2010.

IVV - Instituto do vinho e da vinha, I. P. (2009b). A produção de vinho em Portugal. Disponível em: <http://www.ivv.min-agricultura.pt/np4/1363.html>.

OECD (2001). Corporate responsibility: Private initiatives and public goals. OECD publications. Paris, France.

OIV - Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (2009). State of vitiviniculture world report. Disponível em: <http://www.oiv.int>.

Pirra, A. J. (2008). Manual de Boas Práticas Ambientais na Adega. APHVIN/GEHVID - Associação Portuguesa de História da Vinha e do Vinho, Porto. ISBN 978-972-98969-5-8.

Rodrigues, A.C. ,Oliveira, J.M.,Oliveira, J.A.,Peixoto, J.,Nogueira, R.,Brito, A.G. (2006). Tratamento de efluentes vitivinícolas: uma caso de estudo na região dos vinhos verdes. Gestão e Tratamento de águas. Indústria e Ambiente.

Santos, A.M.M.N. (2010). Avaliação do ciclo de vida do vinho verde. Tese de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (2010). Disponível em: www.snirh.pt.

Wackernagel, M.,Rees, W. E. (1996). Our ecological footprint: reducing human impact on the earth. New Society Publishers, Gabriola island, B.C., Canada.

Wackernagel, M.,Jonathan, L. (2001). Measuring Sustainable Development: Ecological Footprints. Centre for Sustainability Studies. Universidad Anahuac de Xalapa, Mexico.

Wackernagel, M.,Onisto, L.,Linares, A. C.,Falfan, I.S.L.,Garcia, J.M.,Guerrero, I.S.,Guerrero, M.G.S. (1997). Ecological Footprints of Nations: How Much Nature Do They Use? How Much Nature Do They Have? Centre for Sustainability Studies. Universidad Anahuac de Xalapa, Mexico.

WBCSD (2007). Global Water Tool, World Business Council for Sustainable Development. Conches-Geneva,Switzerland. Disponível em: www.wbcsd.org.

ANEXOS

ANEXO A. DADOS CLIMÁTICOS E DE PRECIPITAÇÃO SIMULADO PELO MODELO NEW_LOCCLIM E USADO COMO ENTRADA NO MODELO CROPWAT 8.0

Country: PORTUGAL				Station: PENAFIEL			
Altitude: 280 m.				Latitude: 41.21 °N		Longitude: 8.21 °W	
Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	5.0	13.5	90	5.6	3.5	6.3	0.96
February	5.9	14.3	89	5.6	4.7	9.3	1.26
March	6.8	16.2	88	5.5	4.6	12.0	1.75
April	8.3	17.5	84	5.3	7.2	18.0	2.60
May	10.6	19.6	85	5.0	7.6	20.4	3.05
June	13.5	22.7	84	4.4	8.7	22.6	3.74
July	15.0	24.7	84	4.3	9.6	23.4	4.10
August	14.6	25.0	82	4.3	9.2	21.3	3.94
September	13.8	24.0	87	4.1	7.1	15.8	2.84
October	11.3	20.8	91	4.5	5.3	10.7	1.75
November	7.9	16.7	94	5.0	4.0	7.1	0.99
December	5.9	13.8	92	5.6	3.2	5.5	0.82
Average	9.9	19.1	88	4.9	6.2	14.4	2.32

Figura 18 – Dados climáticos simulado pelo modelo New_LocClim e usado como entrada no modelo CROPWAT 8.0

Station: PENAFIEL		
Eff. rain method: Effective rain is 80 % of actual rain		
	Rain mm	Eff rain mm
January	171.0	136.8
February	169.0	135.2
March	112.0	89.6
April	112.0	89.6
May	89.0	71.2
June	53.0	42.4
July	16.0	12.8
August	22.0	17.6
September	64.0	51.2
October	131.0	104.8
November	152.0	121.6
December	176.0	140.8
Total	1267.0	1013.6

Figura 19 – Dados de precipitação simulado pelo modelo New_LocClim e usado como entrada no modelo CROPWAT 8.0

ANEXO B. RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO USO DE ÁGUA VERDE (UAV_{VERDE}) ATRAVÉS DO MODELO CROPWAT 8.0.

CROP IRRIGATION SCHEDULE											
ETo station: PENAFIEL			Crop: videira				Planting date: 21/09				
Rain station: PENAFIEL			Soil: RED SANDY LOAM				Harvest date: 20/09				
Yield red.: 8.7 %											
Crop scheduling options											
Timing:			No predefined irrigation								
Application:			Refill to 100 % of field capacity								
Field eff.			100 %								
Table format: Irrigation schedule											
Date	Day	Stage	Rain mm	Ks fract.	Eta %	Depl %	Net Irr mm	IrrDeficit mm	Loss mm	Gr. Irr mm	Flow l/s/ha
20 Sep	End	End	0.0	0.67	0	64					
Totals:											
Total gross irrigation					0.0 mm	Total rainfall					1267. mm
Total net irrigation					0.0 mm	Effective rainfall					288.6 mm
Total irrigation losses					0.0 mm	Total rain loss					978.4 mm
Actual water use by crop					422.7 mm	Moist deficit at harvest					134.1 mm
Potential water use by crop					471.1 mm	Actual irrigation requirement					182.5 mm
Efficiency irrigation schedule					- %	Efficiency rain					22.8 %
Deficiency irrigation schedule					10.3 %						

Figura 20 – Resultado da simulação do Uso de água verde (UAV_{verde}) através do modelo CROPWAT 8.0